

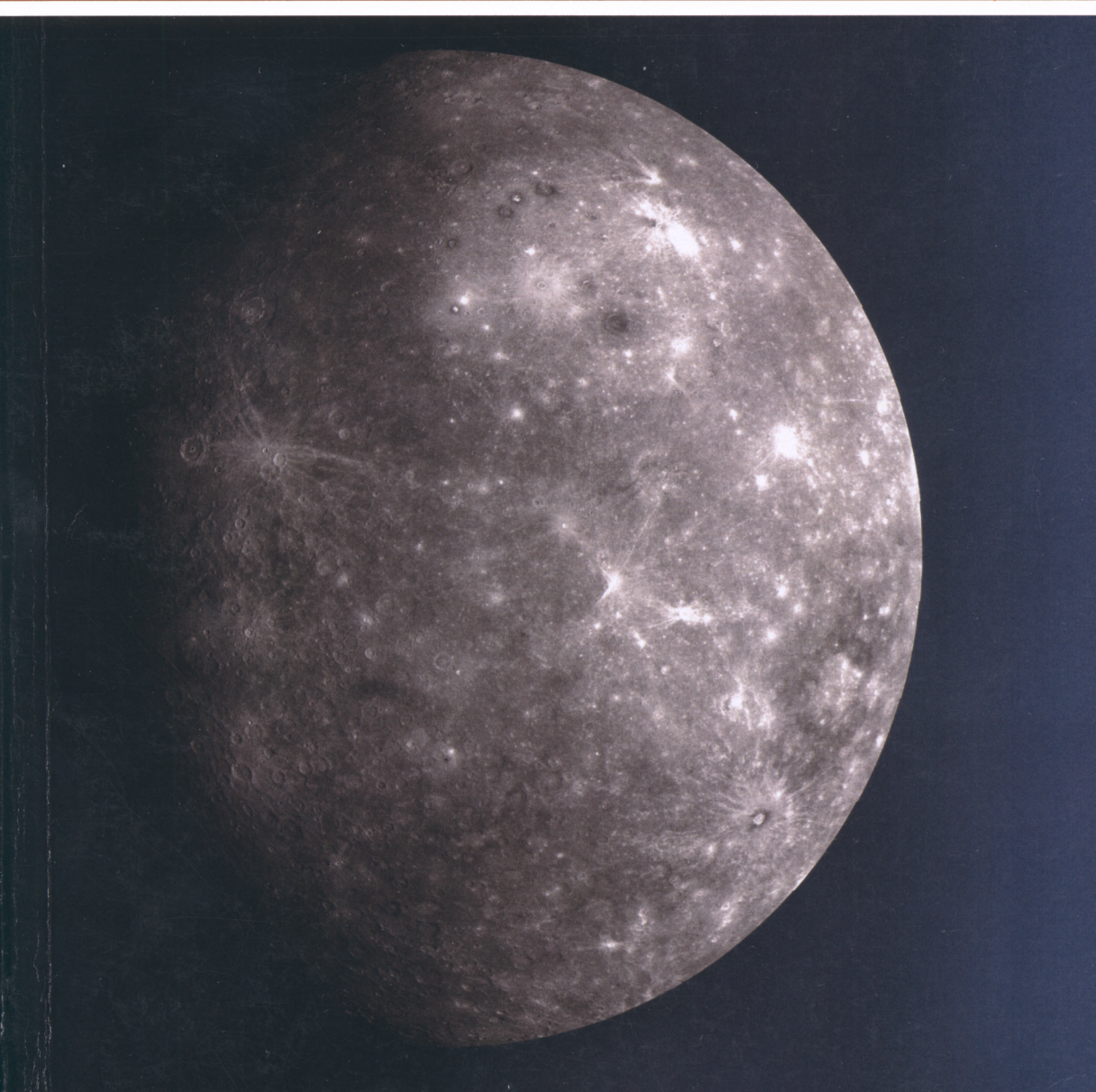
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

ИЮЛЬ-АВГУСТ

4/2011





Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва

Земля и Вселенная

4/2011

Новости науки и другая информация:

Солнце в феврале – марте 2011 г. [22]; Слияние двух звезд [25]; Следы внеземной жизни в метеорите? [59]; Экзопланеты вокруг белых карликов [59]; В Галактике много землеподобных планет [88]; Российский метеоспутник “Электро – Л” [105]; Полеты экипажей на МКС в январе – апреле 2011 г. [107]; Сокращение финансирования планетных исследований [111]

Новые книги: Фантастические идеи полета в космос (Н.А. Рынин. Космические корабли (межпланетные полеты в фантазиях романистов) [89]

В номере:

3. ЗАХАРОВ А.В. Новая экспедиция к Фобосу

ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ

26 ГЕРАСЮТИН С.А. Полеты автоматических межпланетных станций

ЛЮДИ НАУКИ

39 ЕРЕМЕЕВА А.И. Урбен Жан Жозеф Леверье (к 200-летию со дня рождения)

47 СТАМЕЙКИНА И.А., МАСЛЕНИЦЫН С.Ф. Владимир Вячеславович Радзиевский (к 100-летию со дня рождения)

51 Памяти Константина Алексеевича Порцевского

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

53 РОМАНЮК И.И., КУДРЯВЦЕВ Д.О., СЕМЕНКО Е.А. “Магнитные звезды”

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

60 ЦЫГАНКОВ С.С., ЦЫГАНКОВ С.С. (II), ЦЫГАНКОВ С.С. (III). Возможные причины инверсии магнитного поля Земли

АСТРОНОМИЯ В ИНТЕРНЕТЕ

70 ЖИЖИН М.Н. Интерактивная программа “Всемирный телескоп”

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

80 ЧУЛКОВ Д.А. Небесный календарь: сентябрь–октябрь 2011 г.

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

90 СМУРОВ А.В., СНАКИН В.В. Музей Землеведения МГУ

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

100 СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., КОЛОМИЕЦ М.В. Землетрясения второй половины 2010 г. и природная катастрофа в Японии



Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Edition V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

На стр. 1 обложки: Меркурий. Незадолго до выхода на орбиту вокруг Меркурия АМС "Мессенджер" начала исследовать планету. Снимок получен 7 февраля 2011 г. с расстояния 4880 км. Фото NASA (к статье С.А. Герасютина).

На стр. 2 обложки: Ядро кометы Темпеля 1 с разных сторон. Видны кратеры, гребни, провалы и террасы, образовавшиеся в результате эрозии поверхности во время приближения к Солнцу. Снимки получены 15 февраля 2011 г. при пролете от ядра кометы на расстоянии 180–200 км АМС "Стардаст". Фото NASA (к статье С.А. Герасютина).

На стр. 3 обложки: Вверху: последний старт КК "Дискавери". Внизу: "Дискавери" приземлился на посадочную полосу Космического центра им. Кеннеди. Снимки сделаны 25 февраля и 9 марта 2011 г. Космодром Канаверал. Фото NASA (к стр. 107).

На стр. 4 обложки: Центральная часть туманности "Тарантул" (NGC 2070) в Большом Магеллановом Облаке (созвездие Золотой Рыбы, 170 тыс. св. лет от нас). Здесь расположены молодые и сверхновые звезды. Большая часть излучения исходит от скопления звезд RMC 136 (справа внизу). Снимок сделан в декабре 2010 г. KTX. Фото NASA.

In this issue:

3 ZAKHAROV A.V. New Expedition to Phobos

NEWS OF FOREIGN COSMONAUTICS

26 GERASYUTIN S.A. Flights of the Automatic Interplanetary Spacecrafts

PEOPLE OF SCIENCE

39 EREMEYEVA A.I. Urbain Jean Joseph Le Verrier (to the 200th Anniversary of Birth)

47 STAMEYKINA I.A., MASLENITSYN S.F. Vladimir Vyacheslavovich Radzievsky (to the 100th Anniversary of Birth)

51 To the Memory of Konstantin Alekseevich Portshevsky

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

53 ROMANYUK I.I., KUDRYAVTSEV D.O., SEMENKO E.A. "Magnetic Stars"

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

60 TSYGANKOV S.S., TSYGANKOV S.S. (II), TSYGANKOV S.S. (III). Possible causes for Inversion of the Earth's Magnetic Field

ASTRONOMY IN INTERNET

70 ZHIZHIN M.N. "World Wide Telescope" Interactive Program

AMATEUR ASTRONOMY

80 CHULKOV D.A. Celestial Calendar: September–October 2011

ON THE EXHIBITIONS AND MUSEUMS

90 SMUROV A.V., SNAKIN V.V. The Earth Science Museum at MGU

CHRONICLES OF THE EARTH'S SEISMICITY

100 STAROVOYT O.E., CHEPKUNAS L.S., KOLOMIETS M.V. Earthquakes of the 2nd half of 2010 and Natural Disaster in Japan

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН

Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ

Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН

доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,

академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,

доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,

доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,

член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,

член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,

доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСЧЕР,

доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,

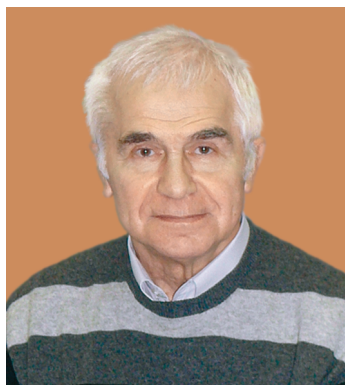
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК,

доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

Новая экспедиция к Фобосу

А.В. ЗАХАРОВ,
доктор физико-математических наук
Институт космических исследований РАН

В статье рассказывается о новом проекте экспедиции автоматического космического аппарата “Фобос-Грунт” к спутнику Марса Фобосу. Запуск космического аппарата планируется в ноябре 2011 г. Главная цель экспедиции – доставка на Землю образцов вещества грунта Фобоса для де-



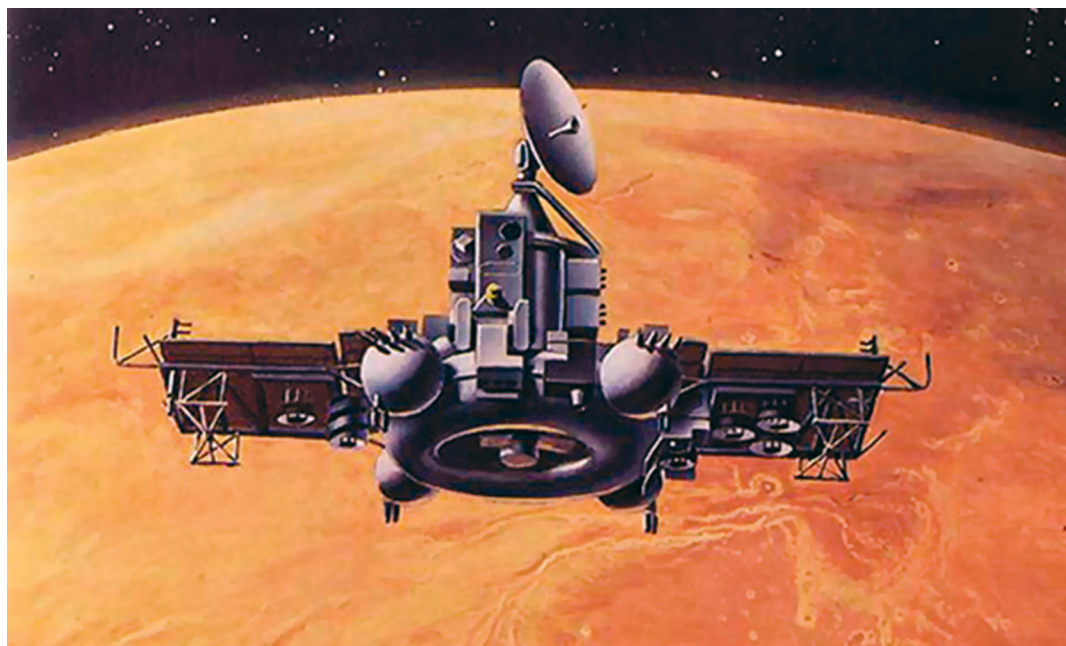
тальных лабораторных исследований и изучение этого ближайшего спутника Марса дистанционными методами при орбитальном движении космического аппарата вокруг Марса, а также контактными методами после его посадки на поверхность Фобоса.

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОБОСА

Более двадцати лет назад, в июле 1988 г., с космодрома Байконур стартовали две автоматические межпланетные станции к Марсу. Главной целью их исследований был не Марс, а его спутник Фобос. История экспедиции АМС “Фобос-1 и -2” оказалась драматической. Уже через месяц полета на трассе Земля – Марс из-за ошибки управления была потеряна станция “Фобос-1”. Вторая станция, иден-

тичная первой, продолжила полет. Через семь месяцев после запуска АМС “Фобос-2” вышла на эллиптическую орбиту вокруг Марса, и после нескольких маневров ее орбита стала круговой, близкой к орбите Фобоса. На этапах формирования орбиты ИСМ проводились научные исследования Фобоса, Марса и околомарсианского пространства (Земля и Вселенная, 1987, № 4; 1988, № 5, с. 3; № 6, с. 24–26; 1989, № 5).

После сближения станции “Фобос-2” с Фобосом планировалось сбросить два посадочных аппарата на его поверхность. Однако за несколько дней до этого кульминационного этапа экспедиции связь с АМС была потеряна из-за сбоя в бортовой системе управления. Основным этапом экспедиции выполнить не удалось. Тем не менее, исследования Марса, Фобоса и околомарсианского пространства, которые проводились в течение 57 сут на этапе



орбитального движения вокруг Марса, позволили получить уникальные научные результаты о тепловых характеристиках Фобоса, о свойствах реголита по его отражательным характеристикам в ИК-диапазоне, о плазменном окружении Марса, взаимодействии его с солнечным ветром. Например, по величине потока ионов кислорода, покидающих атмосферу Марса, обнаруженных с помощью спектрометра ионов на АМС “Фобос-2”, удалось оценить скорость эрозии атмосферы Марса из-за взаимодействия с солнечным ветром. Эти измерения чрезвычайно важны для исследования истории воды на Марсе и марсианской атмосферы. Действительно, до полета

“Фобоса-2” об околомарсианском пространстве было известно меньше, чем о свойствах пространства около Венеры, Юпитера, Сатурна. Научные данные, полученные “Фобосом-2”, до сих пор являются уникальными, они открыли новый этап исследований Марса, который в настоящее время активно продолжается, хотя и не без потерь, усилиями NASA и ESA.

Проект по продолжению исследований Фобоса и доставке на Землю образцов грунта с его поверхности был предложен практически сразу после завершения экспедиции “Фобоса-2”. В 1992 г. международная группа участников проекта “Фобос” из ИКИ РАН, ГЕОХИ РАН, ИПМ РАН, НПО им. С.А. Ла-

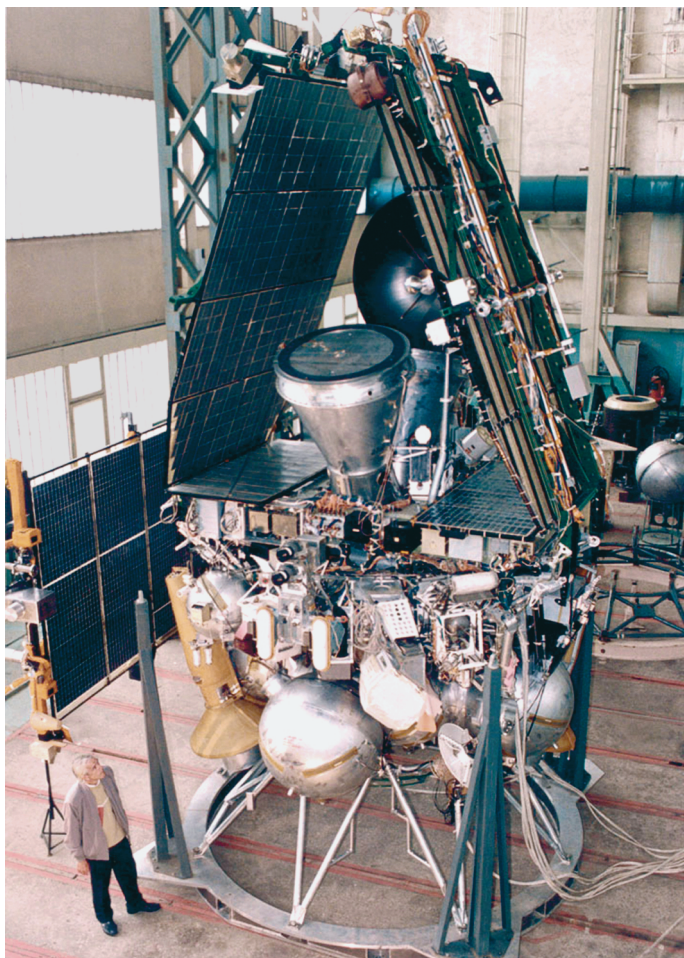
Искусственный спутник Марса АМС “Фобос-2”. Рисунок НПО им. С.А. Лавочкина.

вочкина и других организаций предложила реализовать совместный российско-американский проект по доставке образцов грунта с Фобоса. Это предложение рассматривалось в рамках совместной программы “Вместе к Марсу”, но тогда проект не был поддержан. Затем подобные предложения обсуждались еще на нескольких конференциях и в публикациях.

Наша страна пыталась в 1996 г. реализовать амбициозный проект “**Марс-96**” (Земля и Вселенная,

1994, № 4; 1996, № 4), однако безуспешно: ракета-носитель "Протон" не вывела АМС на межпланетную траекторию. Потеря АМС "**Марс-96**", конечно, стала катастрофической для космической науки в нашей стране, в первую очередь для планетных исследований и многих научных групп, занимающихся экспериментальными исследованиями. Несколько лет спустя основные эксперименты, подготовленные для этого проекта, были выполнены на европейской АМС "**Марс Экспресс**", запущенной в 2003 г. и успешно работающей на орбите ИСМ до настоящего времени (Земля и Вселенная, 2004, № 1, с. 35-36; 2005, № 1; 2006, № 2).

Через семь лет после трагедии с АМС "Марс-96" Российская академия наук и Федеральное космическое агентство приняли решение продолжить исследования Фобоса и Марса на качественно новом технологическом уровне в еще более крупномасштабном проекте "**Фобос-грунт**", основная цель которого – доставка на Землю образцов грунта с Фобоса для детальных лабораторных



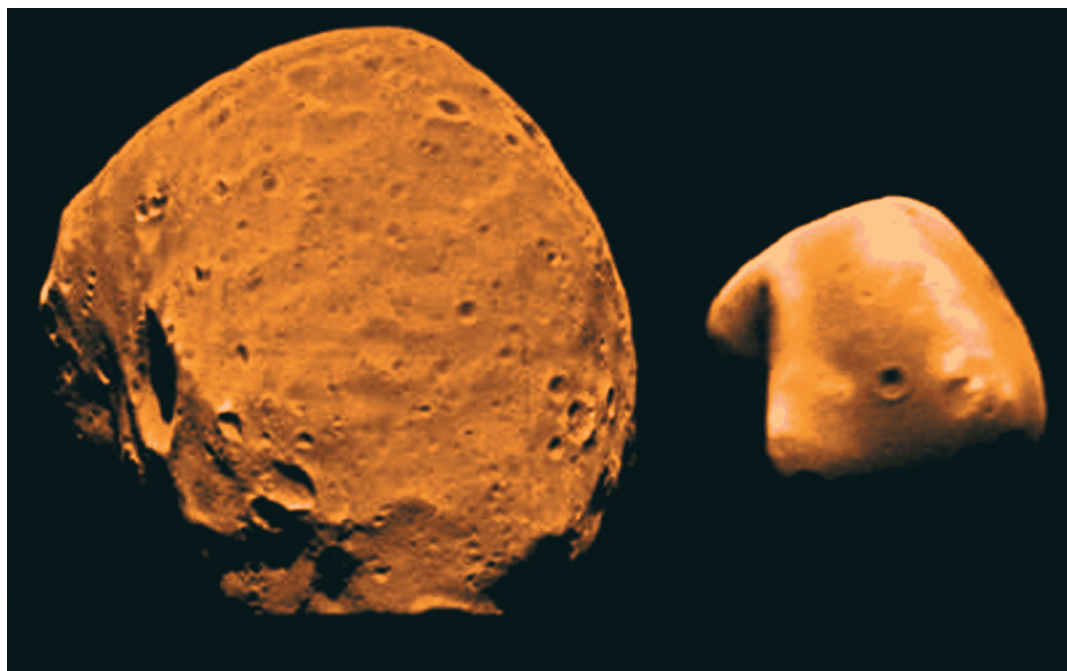
исследований (Земля и Вселенная, 2002, № 6; 2006, № 2, с. 9–15), а также исследования Фобоса контактными методами с помощью бортовой научной аппаратуры после посадки космического аппарата на поверхность Фобоса.

СПУТНИКИ МАРСА

Рассмотрим вначале то, что о них сейчас уже известно. По классификации тел Солнечной системы, Фобос – это малое

небесное тело, ближайший из двух спутников Марса (второй спутник – Деймос; Земля и Вселенная, 1978, № 2; 2009, № 4). На фотографиях Фобоса и Деймоса видно, что оба они неправильной формы. Она может быть аппроксимирована эллипсоидом, полуоси которого для Фобоса составляют $13,3 \times 11,1 \times 9,3$ км, для Деймоса – $7,5 \times 6,2 \times 5,2$ км.

Большая ось эллипсоидов для обоих спутников направлена на



Марс, и каждый из них находится в синхронном спин-орбитальном резонансе, то есть за один оборот вокруг Марса каждый из спутников делает оборот вокруг своей оси. При таком характере вращения одна из сторон спутника постоянно обращена к центральной планете (как и Луна по отношению к Земле). Орбиты спутников практически круговые с радиусом 9378 км ($2,76 R_M$) и 23 459 км ($6,9 R_M$) для Фобоса и Деймоса соответственно. Плоскости орбит обоих спутников близки к экваториальной плоскости Марса и наклонены под углом примерно 24° к плоскости эклиптики. Период обращения Фобоса вокруг Марса — 7 ч 39 мин, для Деймоса

эта величина составляет 30 ч 21 мин. Поскольку продолжительность марсианских суток 24 ч 39,5 мин (мало отличается от земных), для «марсианского наблюдателя» Фобос за это время три раза за сутки восходит над горизонтом на западе и заходит на востоке.

Наземные измерения параметров орбиты Фобоса показывают, что она медленно меняется: Фобос по очень пологой спирали приближается к Марсу (за каждые 100 лет высота орбиты Фобоса уменьшается примерно на 9 м). Причинами такого изменения орбиты (векового ускорения) являются приливные потери орбитальной энергии. Орбита Фобоса настолько близка к Мар-

Изображения Фобоса и Деймоса. Снимки получены в октябре 1991 г. АМС «Галилео». Фото NASA.

су, что находится в пределах так называемой зоны Роша, внутри которой приливные силы Марса через несколько десятков миллионов лет неминуемо разрушат Фобос, и его фрагменты упадут на Марс.

Другая интересная особенность, связанная с движением Фобоса, — его либрация, вызванная неоднородностью распределения масс этого тела и близостью периода свободной либрации Фобоса (около 10 ч) к периоду орбитального



Фобос. Снимок получен 20 января 2011 г. камерой высокого разрешения АМС "Марс Экспресс". Фото ESA.

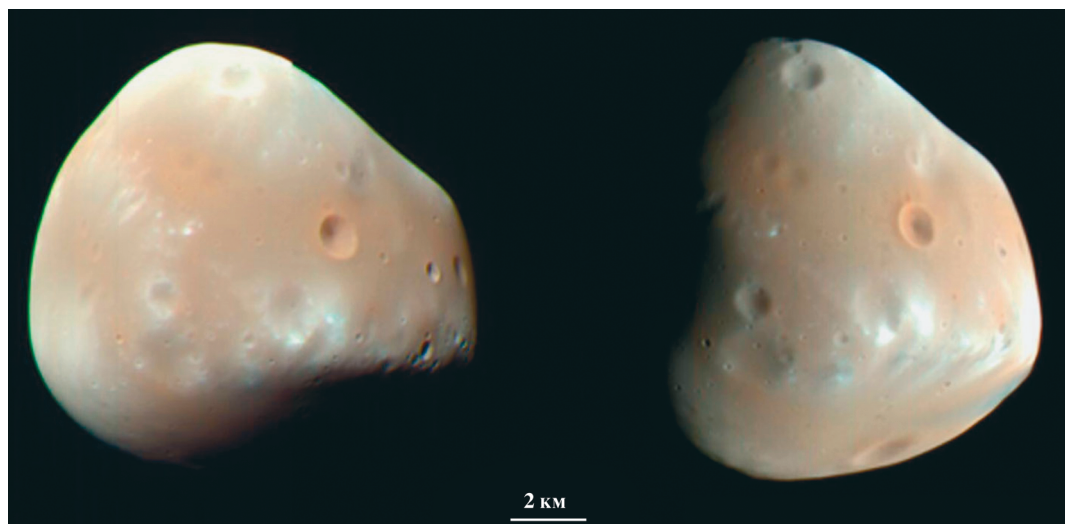
вращения (7,7 ч). По точным измерениям характеристик либрации можно определить моменты инерции Фобоса, что важно для исследования распределения масс (его внутренней структуры). Прецизионные измерения расстояний от Земли до Фобоса с посадочного аппарата, находящегося на поверхности Фобоса, дадут возможность, на-

пример, точнее оценить массы некоторых крупных астероидов, находящихся за орбитой Марса.

Поверхности обоих спутников кратерированы, однако топографически они сильно отличаются. На Фобосе множество глубоких почти прямых параллельных борозд шириной 100–200 м и глубиной 10–20 м, природа которых остается дискуссионной. Длина некоторых из этих борозд – до 30 км. Почти все эти протяженные полосы начинаются вблизи самого большого на Фобосе кратера Стикни (его диаметр – 10 км, то есть более трети диаметра

спутника). Столкновение с Фобосом тела, оставившего столь крупный кратер на его поверхности, могло привести к катастрофическим результатам – разрушению Фобоса, если бы он обладал очень плотной (консолидированной) внутренней структурой. Но Фобос не разрушился, это указывает на его пористую внутреннюю структуру, что подтверждается низкой средней плотностью Фобоса (1,876 г/см³).

Подобных борозд на Деймосе нет. Кратеры там много меньше в диаметре, чем на Фобосе. Основная крупномасштабная морфологическая



особенность поверхности Деймоса – ее кажущаяся однородность. Пока остается загадкой, почему поверхности этих тел так сильно различаются и какие процессы привели к наблюдаемым характерным особенностям Фобоса.

Спутники Марса ввиду своих малых размеров представляют интерес и с точки зрения изучения происхождения Солнечной системы. Дело в том, что все планеты и большинство их спутников за время своей эволюции претерпели изменения под действием внешних факторов и, что наиболее существенно, в результате эндогенных процессов, таких как вулканизм. Эти процессы коренным образом преобразовали вещество планет и практически “стерли память” о первородном веществе.

Принципиально иная ситуация на малых телах Солнечной системы – ядрах комет, астероидах, малых спутниках планет, в частности спутниках Марса. Поверхность Фобоса, скорее всего, – смесь материала, богатого углистыми соединениями, переработанного космическими излучениями. У этих малых небесных тел с их обычным содержанием радиогенных изотопов исключаются внутренний нагрев и эндогенная (тектоническая) активность. Поэтому они, по-видимому, представляют собой тот исходный первичный материал, близкий к веществу протопланетного облака, из которого образовались планеты Солнечной системы.

Воздействие внешних факторов, таких как солнечный ветер, космические лучи, метеориты, межпланетная пыль, ко-

Деймос. Снимки получены 16 марта 2009 г. камерой высокого разрешения AMC “Марс Экспресс”. Фото ESA.

торым подвергаются малые тела, безусловно, модифицирует внешний слой грунта – реголит. Для Фобоса, по-видимому, важным фактором, влияющим на свойства реголита, является и близость Марса. Таким образом, исследование реголита малых тел может дать информацию о ранних этапах образования тел Солнечной системы, происхождении и эволюции планет, в том числе и о ранней истории Земли.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ СПУТНИКОВ МАРСА

Теории происхождения спутников Марса основываются на нескольких противоречи-



SNC-метеориты ALH-84001, найденные в 1984 г. в Антарктиде.

вых фактах. С одной стороны, низкое альbedo, низкая плотность и ранние спектральные измерения указывают на то, что Фобос может быть захваченным астероидом типа углистых хондритов, каких много по соседству в Главном поясе астероидов. С другой стороны, расчеты эволюции орбит показывают, что захват астероида Марсом маловероятен. Это сильный аргумент в пользу того, что формирование его

спутников происходило вместе с ним из первичного газопылевого диска вблизи орбиты Марса. Но в этом случае состав Фобоса должен отличаться от состава углистых хондритов и быть близок составу обыкновенных хондритов, характерных для области аккреции вблизи Марса.

В процессе эволюции спутники Марса, как уже указывалось, подвергались воздействию различных внешних факторов. Начнем с самого Марса. Существование на Земле SNC-метеоритов (группа метеоритов, названная по районам обнаружения на Земле: Шерготтит (Shergottite), Наклит (Nakhlite), Шас-

синьит (Chassignite), которые с высокой степенью вероятности имеют марсианское происхождение (Земля и Вселенная, 1997, № 1). Они свидетельствуют о том, что выброс материала с поверхности Марса возможен и, по-видимому, действительно происходил, особенно на ранних этапах его эволюции. Часть этого выброшенного материала могла осесть на поверхность Фобоса, привнося тем самым компоненту марсианского вещества в его реголит. При метеоритной бомбардировке спутников Марса выбросы из кратеров легко преодолевают слабое гравитационное поле малого тела и по-

кидают Фобос и Деймос, однако бóльшая часть этого вещества остается в окрестностях Марса на орбитах, близких к их источникам, образуя пылевой тор. Часть этого вещества возвращается на поверхность спутников. Другим источником поверхностного материала марсианских спутников может быть космическая пыль, захваченная гравитационным полем планеты. Под действием солнечного излучения частицы космической пыли, находящиеся в межпланетной среде вблизи марсианской орбиты, могут изменять свои траектории (эффект Пойнтинга–Робертсона) и аккрецировать на Фобос.

Кроме того, реголит всех безатмосферных тел подвержен бомбардировке частицами космических лучей и солнечного ветра. Процессы образования реголита на малых телах в результате воздействия указанных выше факторов еще не вполне изучены, однако следует ожидать, что, несмотря на постоянную бомбардировку микрометеоритами и воздействие солнечного ветра, процессы, происходящие во внешнем слое реголита, достаточно хорошо отображают химический состав коренных пород. Поэтому изучение реголита позволит получить сведения не только о реликтовом веществе,



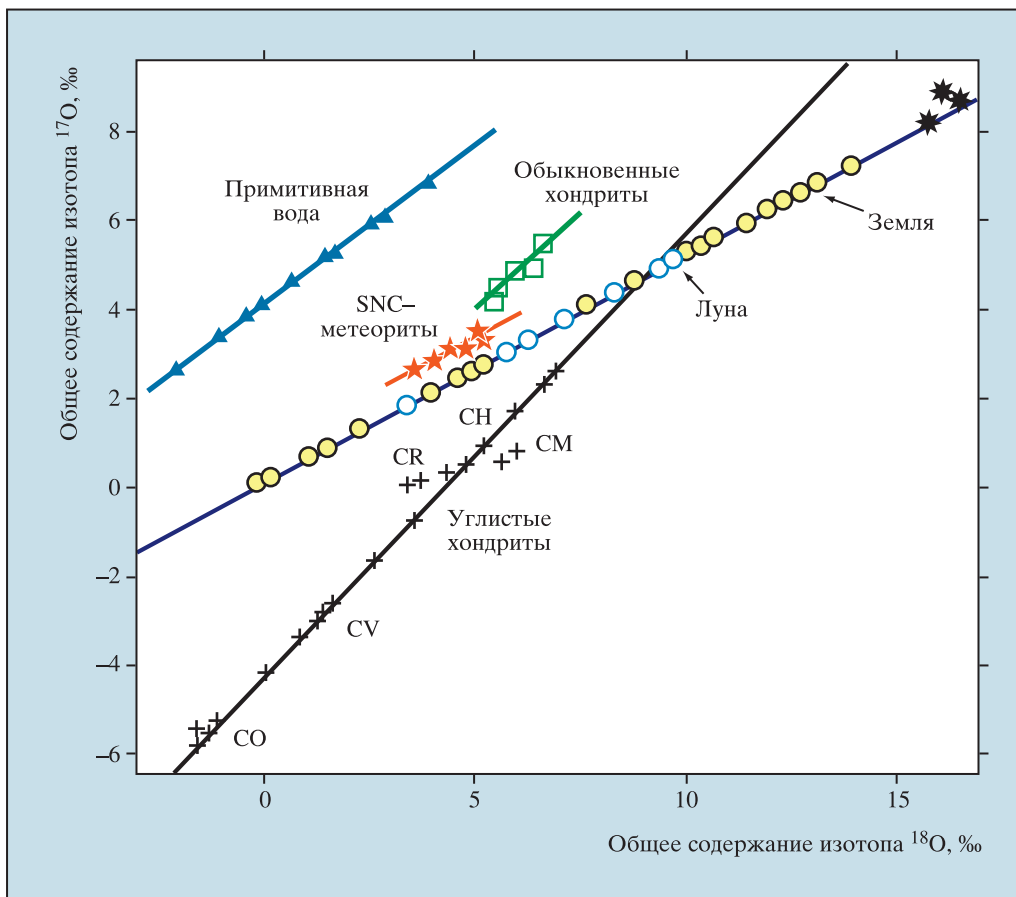
Метеорит класса Шерготит весом около 5 кг и возрастом 175 млн лет (из группы SNC-метеоритов марсианского происхождения). Он упал в Индии 25 августа 1865 г.

из которого сформировались планеты и тела Солнечной системы, но и об условиях их формирования и последующей эволюции.

Как видим, имеющиеся данные о физических и химических характеристиках Фобоса и Деймоса не позволяют сделать выбор между различными теориями происхождения этих тел. Либо это захваченные астероиды, либо аккумулярованные тела на марсианских орбитах (эволюционная теория), либо это результат столкновения крупного небесного тела с Марсом на ранних стадиях его эволюции. Из-за малого размера, неправильной формы и спектральных отражательных характеристик марсианские спут-

ники часто связывают с астероидными аналогами, населяющими внешний пояс астероидов. Возникают вопросы: какие физические процессы привели к появлению спутников Марса и какую роль при этом играло гравитационное поле Марса? Это поможет понять происхождение системы спутников Марса и их взаимосвязь с Марсом, что непосредственно связано с генезисом других спутниковых систем. А это, в свою очередь, приближает нас к решению фундаментальной проблемы происхождения и эволюции Земли и планет земной группы.

Наиболее мощный метод исследования реголита – изучение соотношений состава основных породообразующих элементов, летучих, изотопного состава. В настоящее время известно соотношение основного элементного состава хондритов и SNC-метеоритов. Например, соотношение углерода и кремния для обыкновенных хондритов в три раза выше, чем для SNC-метеоритов, а соотношение этих же элементов для углистых хондритов почти в сто раз выше, чем для обычных хондритов. Подобный диагностический метод важно использовать, измеряя соотношение других породообразующих элементов, изотопов кислорода, благородных газов.



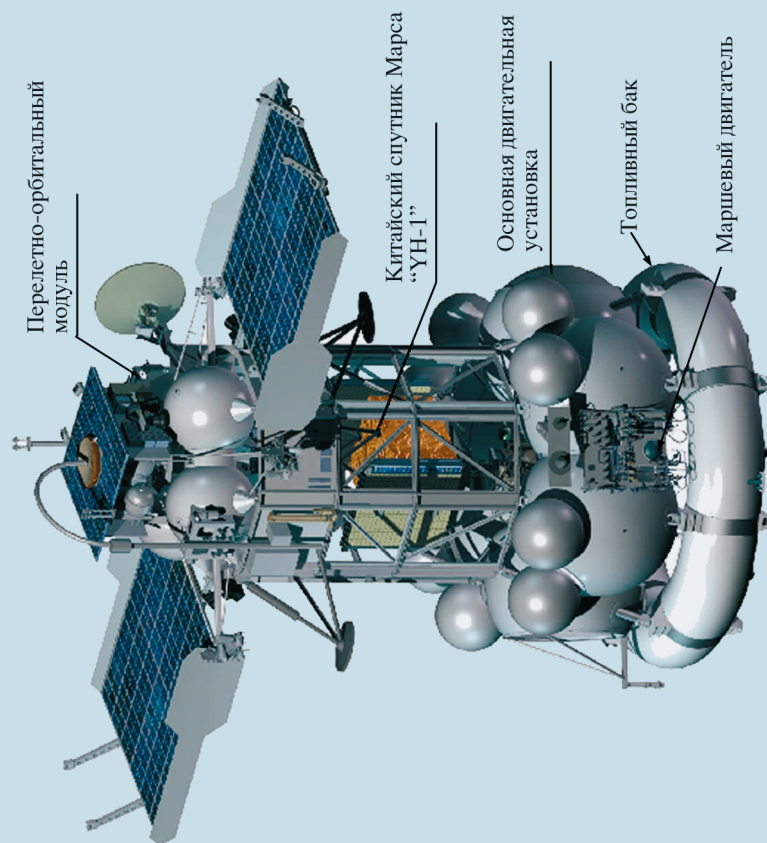
Соотношение изотопов кислорода для Земли, Луны, SNC-метеоритов, обыкновенных и углистых хондритов. По данным академика Э.М. Галимова, ГЕОХИ РАН.

Известны соотношения изотопов кислорода ^{17}O и ^{18}O для Земли, Луны, Марса, SNC-метеоритов, обыкновенных и углистых хондритов. Зная эти соотношения и выполнив детальный анализ иссле-

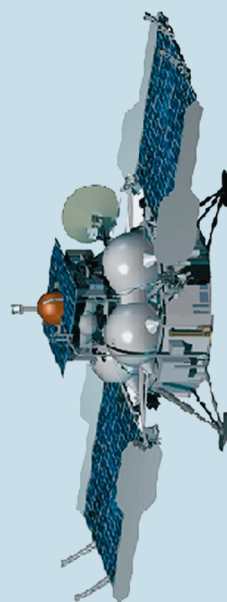
дуемого образца реголита, можно определить его "родословную". Геохронологический анализ (измерение соотношений радиоактивных элементов) позволит определить абсолютный возраст исследуемого вещества.

Значительный интерес представляют исследования характеристик плазмы в окрестности Марса. Плазменные исследования вблизи Марса проводились с самых первых отечественных миссий к этой планете. До АМС "Фобос-2" и "Марс Экспресс" все дан-

ные о взаимодействии солнечного ветра с плазменным окружением Марса были получены с помощью АМС "Марс-3-5". Правда, долго оставалась неопределенность в оценке величины собственного магнитного поля Марса, что вызывало сложности в интерпретации плазменных измерений. Американская АМС "Марс Глобал Сервейер" (работала на орбите ИСМ в 1997–2006 гг.; Земля и Вселенная, 1997, № 4, с. 64–65; 2007, № 2, с. 78) раскрыла эту загадку, зарегистрировав



Собранная АМС "Фобос-грунт"



Перелетно-орбитальный модуль



Спускаемый аппарат

Возвращаемый аппарат



Конфигурация станции, остающейся на поверхности Фобоса после старта возвращаемого аппарата

АМС "Фобос-грунт": слева – станция в полной сборке с китайским спутником Марса "УН-1" (общая масса 13 500 кг), справа вверху – конфигурация станции на этапе перелетной траектории (масса – 1560 кг), справа в центре – возвращаемый космический аппарат (масса – 285 кг) и спускаемый аппарат, отделяемый от возвращаемого аппарата перед входом в атмосферу Земли (масса – 11 кг), справа внизу посадочная станция, остающаяся на Фобосе. Рисунок НПО им. С.А. Лавочкина.

у Марса сравнительно слабое палеомагнитное поле. Интересно продолжить исследования особенностей взаимодействия солнечного ветра с плазменным окружением Марса, которое не похоже ни на то, как солнечный ветер обтекает атмосферу Венеры (планета без собственного магнитного поля), ни на формирование магнитосферы Земли (планета с достаточно сильным собственным магнитным полем).

Измерения характеристик плазменной составляющей околомарсианского пространства, выполненные АМС "Марс-5" и "Фобос-2", указывают на то, что солнечный ветер испытывает возмущения, распространяясь вблизи орбит марсианских спутников. На основании этого были сделаны предположения, что на орбитах Фобоса

и Деймоса существует повышенная плотность пылевых частиц – пылевой тор. Как уже указывалось, наиболее вероятно, что пылевой тор появился в результате выброса материала с поверхности Марса и Фобоса при бомбардировке их поверхностей микрометеоритами. Недавно выполненный численный анализ показал, что при формировании пылевого тора важную роль играют орбитальные резонансы, вызванные влиянием Марса и вариациями давления солнечной радиации. Исследование этой проблемы важно не только с точки зрения эволюции реголита на поверхности марсианских спутников, но и для изучения физических условий вблизи Марса при планировании перспективных экспедиций к нему.

НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТА "ФОБОС-ГРУНТ"

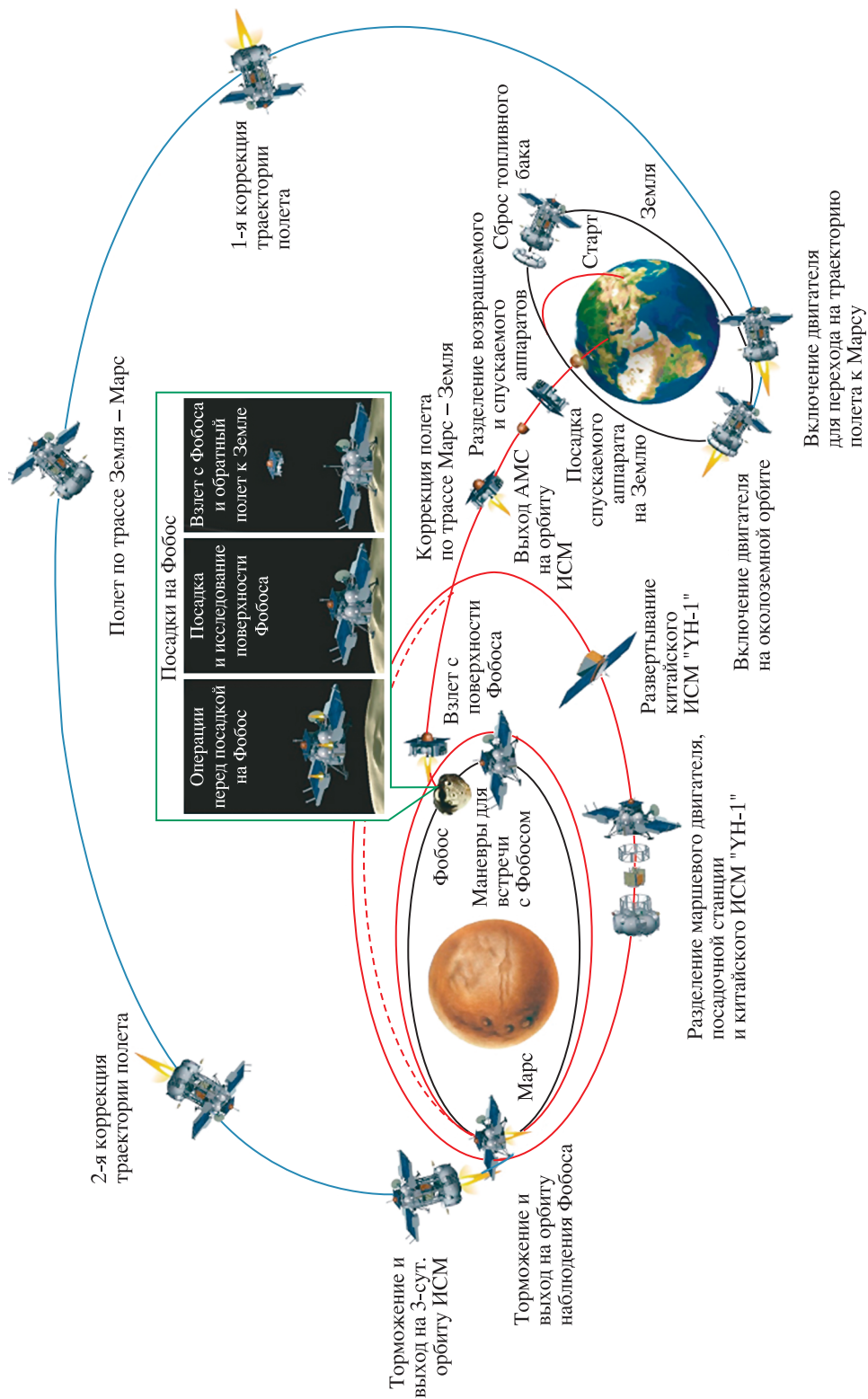
Как уже отмечалось, основная цель полета АМС "Фобос-грунт" – доставка на Землю образцов вещества с Фобоса для исследования в земных лабораториях. На посадочном аппарате, помимо предназначенных для забора грунта манипуляторов, установлен комплекс научных приборов для прямых (*in situ*) измерений физико-химических свойств реголита в месте посадки аппарата.

Наряду с этим предполагаются исследования системы Марса, включающей саму планету, ее спутники и околомарсианское пространство, с помощью дистанционных измерений. Основные научные задачи проекта нацелены на решение широкого спектра проблем, связанных, в первую очередь, с генезисом Солнечной системы. Решение этой главной задачи должно обеспечить исследование физико-химических свойств реликтового вещества с Фобоса. Перечислим другие научные задачи:

- исследование физико-химических характеристик Фобоса как небесного тела, что позволит приблизиться к пониманию происхождения марсианских спутников и, возможно, происхождения спутниковых систем у других планет;

- определение детальных параметров орбитального и собственного вращения Фобоса, что важно для изучения внутреннего строения этого малого тела и эволюции его орбиты;

- изучение физических условий среды вблизи Марса: магнитных полей, характеристик взаимодействия солнечного ветра с плазменным окружением Марса, в том числе регистрация "убегающих" из атмосферы Марса ионов кислорода, что позволит расширить



Баллистический сценарий экспедиции "Фобос-грунт", разработанный ИПМ РАН и НПО им. С.А. Лавочкина.

представления об истории воды на Марсе;

– исследование вариаций атмосферы Марса.

АМС “ФОБОС-ГРУНТ”

Эта межпланетная станция создана в Научно-производственном объединении им. С.А. Лавочкина, в котором были разработаны и построены все отечественные лунные и межпланетные станции. Подготовка к запуску АМС “Фобос-грунт” осуществляется в настоящее время под руководством Генерального конструктора и Генерального директора этой организации В.В. Хартова. АМС состоит из перелетно-орбитального модуля, маршевой двигательной установки, тормозной двигательной установки, возвращаемого аппарата и спускаемого аппарата для доставки капсулы с образцами грунта Фобоса на Землю. В состав космического комплекса включен также китайский малый искусственный спутник Марса “**ҮН-1**” (“Ингхо-1”, Yinghuo – с китайского светлячок) массой 115 кг. Этот аппарат будет запущен совместно с АМС “Фобос-грунт” и доставлен на эллиптическую орбиту ИСМ, после чего его отделят от основного аппарата и он начнет выполнять программу научных исследований, разработанную китайскими учеными.

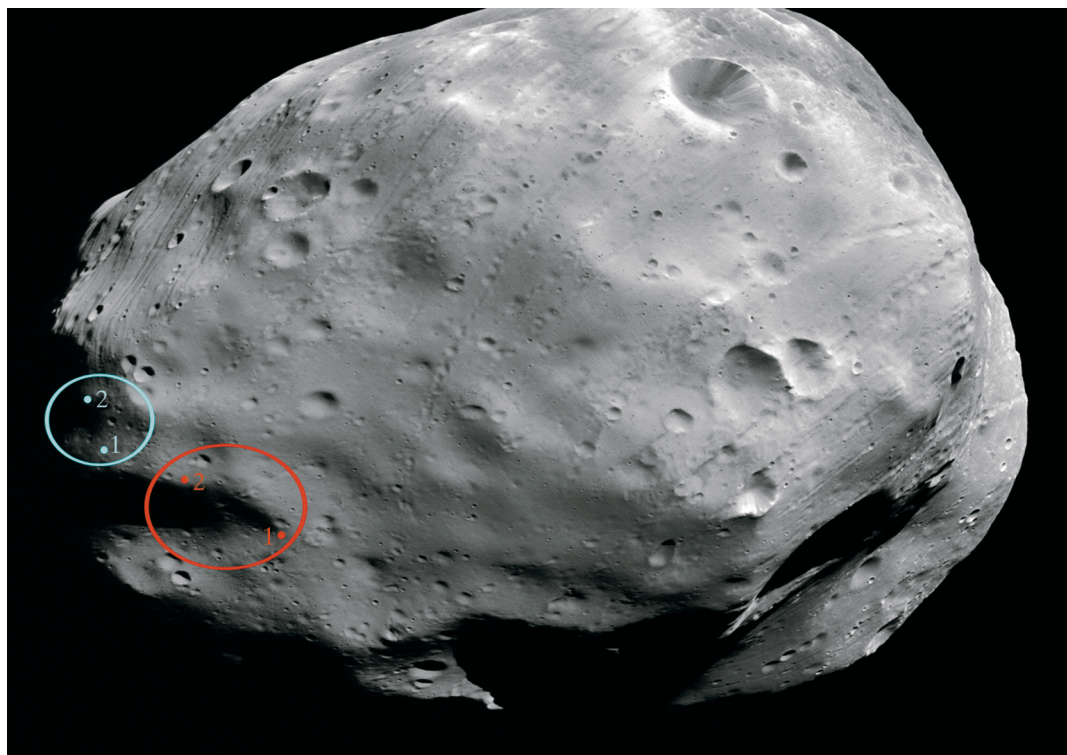
СЦЕНАРИЙ ЭКСПЕДИЦИИ

Баллистико-навигационное обеспечение проекта “Фобос-грунт” было разработано в НПО им. С.А. Лавочкина и Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН под руководством члена-корреспондента Э.Л. Акима (1929–2010). Сценарий экспедиции предусматривает несколько этапов. Первый этап – запуск АМС, вывод ее на околоземную орбиту и модификация этой орбиты для оптимизации условий выведения АМС на траекторию полета к Марсу. Запуск планируется произвести с космодрома Байконур РН “Зенит” в ноябре 2011 г. Перелет Земля – Марс начинается после вывода АМС на отлетную траекторию и завершается подлетом к Марсу на минимальное расстояние. Длительность этого этапа приблизительно 10 мес.

Подлет к Марсу происходит по пролетной параболической траектории с высотой перицентра около 700 км. Тормозной импульс выводит АМС на первую эллиптическую орбиту ИСМ высотой перицентра примерно 700 км, апоцентра – 75 тыс. км, период обращения – около 3 сут. На этой орбите от АМС будет отделен спутник ҮН-1, который станет первым китайским

искусственным спутником Марса.

Следующий этап экспедиции – формирование орбиты АМС для сближения с Фобосом. Этот этап уже отработан в предыдущей экспедиции к Фобосу 1988–1989 гг. с помощью трехимпульсной схемы. В соответствии с этой схемой второй импульс, который выполняется в апоцентре, увеличивает перицентр АМС до высоты, несколько превышающей высоту орбиты Фобоса. Третий импульс в перицентре формирует круговую орбиту ИСМ радиусом приблизительно 9 900 км (на 500 км выше орбиты Фобоса) в плоскости орбиты Фобоса, период обращения АМС на этой орбите – 8,3 ч. Находясь на этой орбите, АМС раз в четверо суток будет сближаться с Фобосом на расстояния в несколько сот километров. Работа на орбите наблюдения необходима для проведения точных навигационных измерений взаимного движения АМС и Фобоса. Это требуется для перехода на еще более близкую к Фобосу квазисинхронную орбиту (КСО), с периодом обращения космического аппарата вокруг Марса, равным периоду обращения Фобоса. КСО смещена на несколько десятков километров в сторону Солнца относительно орбиты Фобоса. Двигаясь по такой синхронной с Фобосом ор-



бите, АМС будет постоянно находиться вблизи Фобоса на расстоянии 50–130 км с солнечной стороны. Особенность квазисинхронной орбиты состоит в том, что в системе координат Фобоса АМС совершает оборот вокруг этого спутника за время оборота вокруг Марса, то есть за 7,36 ч. Работа на этой орбите необходима для уточнения взаимного положения АМС и Фобоса и изучения места посадки станции на поверхности Фобоса.

Посадка АМС на поверхность Фобоса планируется в середине февраля 2013 г. в экваториальной области Фо-

боса, находящейся с противоположной стороны, относительно Марса. Такое решение принято с учетом требуемой энергии для работы АМС на поверхности Фобоса: посадка на сторону Фобоса, постоянно обращенную к Марсу, как это планировалось ранее, приводит к ограничению энергии из-за создания теней от Марса на поверхности Фобоса. Место посадки выбирается по результатам съемки поверхности Фобоса камерой высокого разрешения, установленной на АМС “Марс Экспресс” (Земля и Вселенная, 2009, № 2, с. 84). Группа управления европейской АМС “Марс Экс-

Предполагаемые места посадки АМС “Фобос-грунт” на поверхности Фобоса. Снимок получен 23 июля 2008 г. камерой высокого разрешения АМС “Марс Экспресс”. Фото ESA.

пресс” специально корректировала орбиту этой станции, чтобы получить изображения предполагаемого места посадки АМС “Фобос-грунт” при наиболее благоприятных условиях освещения. Планируется, что район посадки АМС будет ограничен координатами 7–21° с.ш. и 214–233° з.д. Работы по выбору

Манипуляторный комплекс, включающий грунтозаборное устройство, панорамную камеру и Мессбауэровский спектрометр. Фото ИКИ РАН.

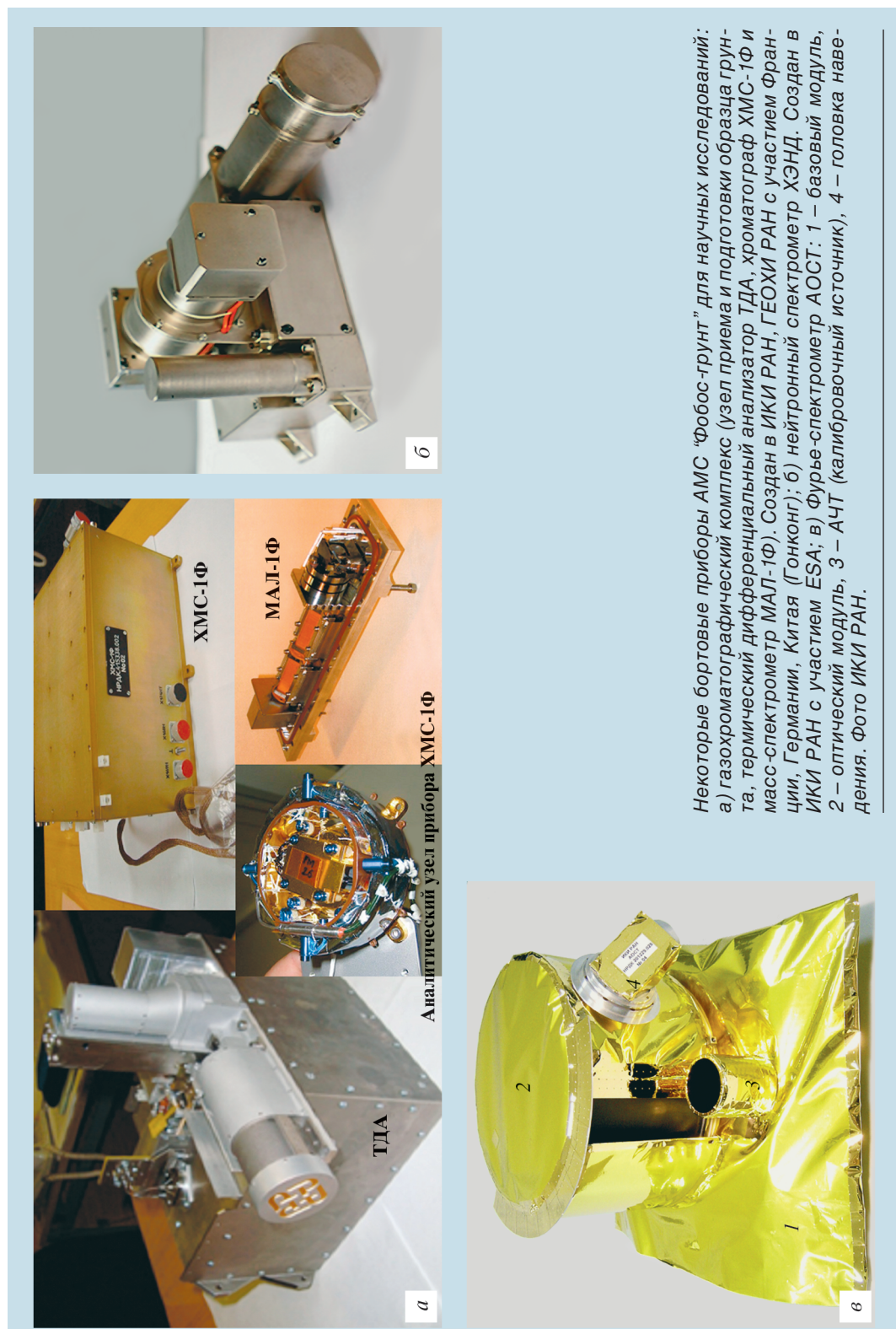
места посадки ведутся в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН под руководством доктора геолого-минералогических наук А.Т. Базилевского.

Посадка АМС на поверхность Фобоса – пожалуй, наиболее сложный и критический этап экспедиции. Он сводится к стыковке двух тел, одно из которых (Фобос) пассивное. Операции по стыковке будут выполняться на значительных расстояниях от Земли, при которых наземная поддержка этих операций ограничена (время распространения сигнала в одном направлении – около 20 мин). Гравитационное поле несферического Фобоса недостаточно изучено. Изображения поверхности Фобоса в месте предполагаемой посадки недостаточно качественные, хотя имеются снимки отдельных участков, полученные камерой HRSC АМС “Марс Экспресс” с разрешением до нескольких метров (Земля и Вселенная, 2008, № 6, с. 89). Все эти особенности диктуют необходимость автономного, автоматического проведения заключительного эта-



па сближения АМС с поверхностью Фобоса и посадки. Для выполнения автономной посадки АМС будет задействовано несколько приборов: телевизионные камеры для получения изображений предполагаемой зоны

посадки с высоким пространственным разрешением; высотомер-вертикант, обеспечивающий измерения дальности до поверхности и определяющий направление нормали к ней; измерители относительной



Некоторые бортовые приборы АМС "Фобос-грунт" для научных исследований: а) газохроматографический комплекс (узел приема и подготовки образца грунта, термический дифференциальный анализатор ТДА, хроматограф ХМС-1Ф и масс-спектрометр МАЛ-1Ф). Создан в ИКИ РАН, ГЕОХИ РАН с участием Франции, Германии, Китая (Тонконг); б) нейтронный спектрометр ХЭНД. Создан в ИКИ РАН с участием ЕСА; в) Фурье-спектрометр АОСТ: 1 – базовый модуль, 2 – оптический модуль, 3 – АЧТ (калибровочный источник), 4 – головка наведения. Фото ИКИ РАН.

скорости АМС. Поскольку ускорение свободного падения на поверхности Фобоса всего $0,7 \text{ см/с}^2$ (то есть в 1400 раз меньше, чем у поверхности Земли), в момент контакта АМС с поверхностью будут включены двигатели малой тяги, обеспечивающие прижим и устойчивость АМС в момент посадки.

После посадки АМС и предварительных исследований грунта Фобоса с помощью научной аппаратуры, находящейся на борту АМС, будет произведен забор образцов грунта. Для этого на борту находится манипуляторный комплекс с грунтозаборным устройством (ГЗУ), которое позволит в зоне охвата манипулятора (около 1 м) взять образцы рыхлого реголита и консолидированные образцы (камешки размером 1–1,5 см) общим объемом примерно 100 см^3 . В том случае, если в месте посадки АМС грунт окажется твердым (каменная плита) и грунтозаборное устройство не сможет его захватить, небольшой объем такого грунта будет измелен с помощью специального устройства, названного Чомик, созданного в Польском центре космических исследований.

Образцы грунта укладываются в контейнер спускаемого аппарата, который герметически закрывается. После этого возвращаемый аппа-

рат готов к старту с Фобоса. Время посадки АМС на поверхность Фобоса и время старта возвращаемого аппарата с Фобоса определяется множеством факторов, включая условия освещенности АМС, радиосвязи с наземных пунктов управления и получения телеметрической информации. После принятия решения о старте возвращаемого аппарата срабатывают механические толкатели, обеспечивающие его отделение от перелетно-орбитального модуля (остается на поверхности Фобоса) и сообщающие возвращаемому аппарату относительную скорость порядка 1 м/с. После ухода возвращаемого аппарата на безопасное расстояние включается его двигательная установка, и он выходит на орбиту ИСМ, высота которой несколько меньше высоты орбиты Фобоса. Далее, после формирования орбиты, удобной для старта к Земле, выполняются операции по переводу возвращаемого аппарата на межпланетную траекторию Марс – Земля. Этот перевод производится по трех-импульсной схеме, подобной той, которая использовалась для перевода АМС с межпланетной траектории на круговую орбиту вокруг Марса, но в обратной последовательности. Время перелета возвращаемого аппарата по

траектории Марс – Земля составит 10,5–11,5 мес.

Траектория полета возвращаемого аппарата должна обеспечить прямой вход его в атмосферу и посадку в заданном районе на поверхности Земли в августе 2014 г. С этой целью на трассе Марс – Земля запланировано несколько коррекций траектории. Перед входом в атмосферу Земли от возвращаемого аппарата отделится спускаемый аппарат. В результате аэродинамического торможения в атмосфере спускаемого аппарата происходит снижение его скорости с 11,8 км/с (при входе в атмосферу) до $\sim 30 \text{ м/с}$ (посадка на поверхность Земли). Расчетное место приземления спускаемого аппарата зависит от множества факторов, включающих параметры входа в атмосферу, характеристик самой атмосферы в зоне падения (вариации плотности, направление и сила ветра). Поиск спускаемого аппарата на поверхности Земли осуществляется с помощью наземных средств.

После выполнения международных требований обеспечения карантина для внеземного вещества капсула с образцами грунта Фобоса попадает в лабораторию для геохимического и биологического анализа. Программа наземных научных исследе-

дований доставленных образцов грунта Фобоса разрабатывается под руководством академика Э.М. Галимова в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН.

Как было указано, перелетно-орбитальный модуль, с которого стартовал возвращаемый аппарат, остался на поверхности Фобоса для продолжения выполнения научной программы экспедиции. Планируется, что исследования на поверхности Фобоса с помощью комплекса научной аппаратуры будут проводиться с февраля 2013 г. в течение года.

НАУЧНАЯ ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ

На борту перелетно-орбитального модуля установлены приборы для выполнения научной программы экспедиции общей массой 50 кг. Исследования направлены на уточнение фигуры Фобоса, его массы, плотности, внутреннего строения, гравитационного поля, магнитного поля, морфологии поверхности. Кроме того, ряд приборов предназначен для исследования реголита Фобоса в месте посадки. Исследования *in situ* в сочетании с доставкой на Землю образцов грунта Фобоса необходимы также для повышения надежности экспедиции.

Исследование образцов реголита *in situ* на борту АМС будет обеспечено манипулятором с грунтозаборным устройством. Для анализа подповерхностного слоя грунта манипулятор имеет возможность снять верхний слой реголита толщиной несколько сантиметров с помощью скребка. На манипуляторе кроме ГЗУ установлены панорамная камера и Мессбауэровский спектрометр. Этот прибор предназначен для определения минералогического состава грунта с точки зрения выяснения присутствия вещества марсианского происхождения в реголите Фобоса. Прибор создан совместно учеными Германии и России.

Манипулятор обеспечивает доставку образцов грунта к нескольким бортовым аналитическим приборам. Один из наиболее сложных научных приборов – газоаналитический комплекс, включающий термический дифференциальный анализатор ТДА, хроматограф ХМС-1Ф и масс-спектрометр МАЛ-1Ф. Этот комплекс направлен на изучение поверхностных пород Фобоса для обнаружения в исследуемых образцах связанной воды, других летучих соединений. Комплекс включает также узел подготовки образца грунта для анализа. Приборы комплекса разработаны

и изготовлены коллективом ученых и инженеров Института космических исследований РАН, Института геохимии и аналитической химии РАН с участием специалистов Франции, Германии, Китая (Гонконг).

Исследования реголита проводятся и другими научными приборами, использующими различные методы анализа вещества. В частности, методы лазерной активации вещества реголита (прибор ЛАЗМА), спектроскопия вторичных ионов, выбиваемых с поверхности Фобоса под действием космических лучей (прибор МАНАГА), ядерно-физические методы анализа вещества. Последний метод используется в приборе ХЭНД, который представляет собой спектрометр нейтронов, вылетающих из приповерхностного слоя Фобоса. По величине потока таких нейтронов можно судить о наличии гидратных минералов и водяного льда в приповерхностных слоях Фобоса. Подобный прибор, созданный в ИКИ РАН, успешно работает на американских АМС “Марс Одиссей” и “Лунный орбитальный разведчик” (“LRO”).

Длинноволновый планетный радар и сейсмометр, включенные в состав научной аппаратуры, направлены на исследования внутреннего строения Фобоса. Сейс-

мические сигналы на Фобосе могут возникать в результате приливных воздействий, газопылевых и микрометеорных потоков. Несколько приборов предназначены для изучения свойств околомарсианского пространства – магнитных полей, спектральных измерений плазмы. Состав аппаратуры включает несколько оптических приборов для получения панорамных и стереоизображений поверхности Фобоса в месте посадки. Управление комплексом научной аппаратуры осуществляется с помощью бортовой вычислительной машины, реализующей различные программы работы бортовых приборов, сбор и формирование информационных блоков с научными данными для передачи их на Землю по телеметрии.

После отделения китайского спутника Марса “УН-1” от АМС “Фобос-грунт” планируются совместные эксперименты с помощью научных приборов, установленных на станции и “УН-1”. По этой программе предполагается измерять параметры плазмы одновременно с двух космических аппаратов. Такие “двух-

точечные” измерения будут выполнены впервые, предоставив уникальную возможность разделить пространственные и временные эффекты в динамике околомарсианской плазмы. Кроме того, предполагается выполнить совместный российско-китайский эксперимент по зондированию марсианской ионосферы радиосигналами на двух частотах. Такие исследования позволят получить данные о структуре и плотности марсианской ионосферы при различных условиях освещенности (суточная зависимость).

Перед началом экспедиции в спускаемый аппарат АМС “Фобос-грунт” загружены несколько капсул с образцами различных биокультур, которые будут находиться там все время экспедиции, т.е. около трех лет, вплоть до возвращения спускаемого аппарата на Землю. Этот эксперимент, БИОФОБОС, предназначен для проведения исследований с покоящимися формами биологических объектов, принадлежащих к различным группам, в условиях длительного межпланетного перелета для решения вопросов

планетарного карантина, астробиологии (проблема панспермии). Результаты этого эксперимента могут быть использованы в будущем при решении медико-биологических проблем пилотируемой космонавтики.

Научная программа АМС “Фобос-грунт” готовится под руководством научного руководителя экспедиции академика Л.М. Зелёного в ИКИ РАН с участием Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН и ряда других научных организаций. В подготовке научной аппаратуры принимают участие научные и промышленные организации нашей страны, а также научные группы Германии, Франции, Китая, США, Украины, Швеции, Швейцарии, Европейского космического агентства.

В заключение еще раз подчеркнем, что реализация проекта “Фобос-грунт” явится важным этапом в исследовании не только происхождения и эволюции системы Марса, но и всей Солнечной системы.

Солнце в феврале – марте 2011 г.

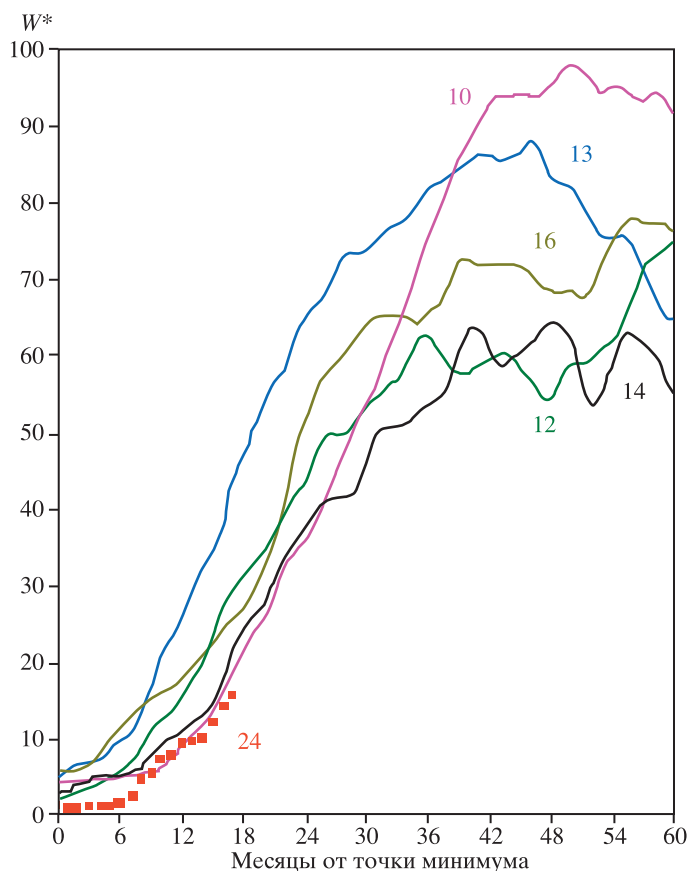
Уровень солнечной активности к весне третьего года развития текущего 24-го цикла резко пошел вверх, и, вероятно, что с середины февраля данный цикл вошел в период быстрого развития, хотя и не вышел из фазы минимума. Знаковым событием начала этой фазы развития для любого цикла считается появление на видимом диске Солнца сразу двух больших ($Sp \geq 500$ м.д.п.) групп солнечных пятен, что и произошло в середине февраля 2011 г. За рассматриваемые месяцы сохранялась асимметрия появления групп пятен в пользу Северного полушария Солнца, которая проявилась и в больших группах пятен, две из которых находились в Северном полушарии и одна в Южном. Сглаженные за год значения относительного числа пятен продолжают устойчиво расти, но еще не прошли порог фазы минимума, которая определяется как промежуток времени, когда сглаженные за год значения относительного числа пятен остаются в пределах значений $W^* \leq 30$.

Среднемесячные значения чисел Вольфа $W_{\text{фев}}^* = 29,4$ и $W_{\text{мар}}^* = 56,2$. Сглаженное значение относи-

тельного числа солнечных пятен в августе и сентябре 2010 г. $W^* = 17,4$ и $19,6$ соответственно.

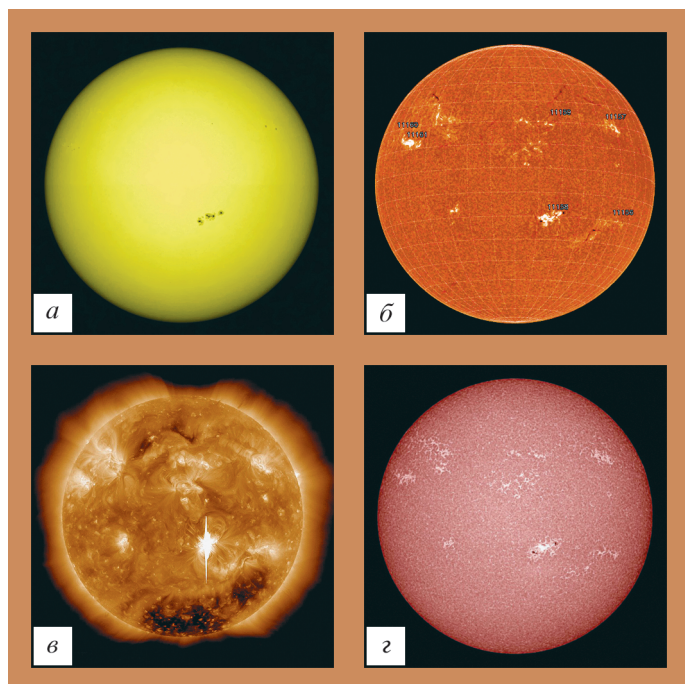
До 13 февраля на видимом диске Солнца постоянно наблюдались 1–2 груп-

пы небольших солнечных пятен. 13 февраля началось быстрое развитие одной из групп Южного полушария, и уже к 15 февраля ее площадь превысила 600 м.д.п. Такое быстрое всплытие



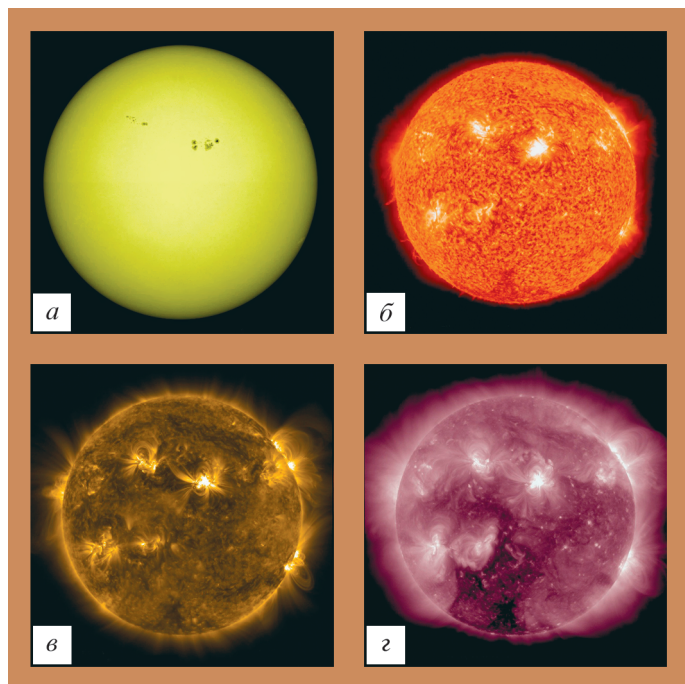
Ход развития (19 месяцев) текущего 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.) солнечных циклов, начальная фаза развития. W^* — сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.

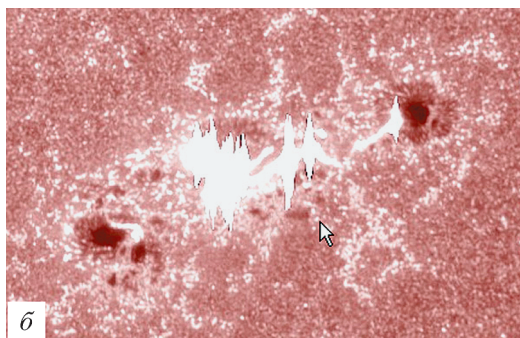
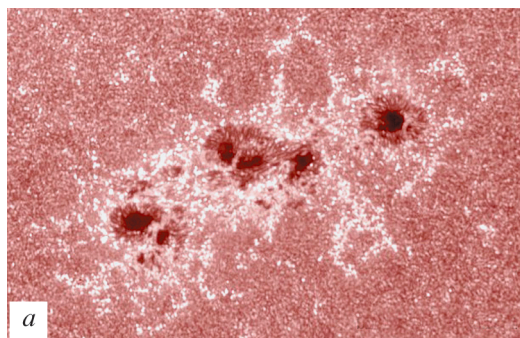
Солнце 15 февраля 2011 г. во время большой солнечной вспышки рентгеновского балла X2.2: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета железа FeXII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г) в области ультрафиолета ($\lambda = 1700 \text{ \AA}$). Космическая обсерватория "SDO" (<http://www.solarmonitor.org/index.php>).



большого магнитного потока привело к солнечным вспышкам больших и средних баллов: 13–16 февраля за 68 ч произошли две большие вспышки баллов M6.6 и X2.2 и четыре вспышки среднего балла ($\leq M5$). Максимальное наблюдаемое число солнечных пятен отмечено **15 февраля** ($W = 60$), минимальное – 1–2 февраля ($W = 13$). После 21 февраля на видимом диске Солнца постоянно присутствовали две-три группы пятен небольшой и средней площади. Из 11 активных областей шесть находились в Северном полушарии. Уровень вспыхивающей актив-

Солнце 9 марта 2011 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в линии H_{α} крайней ультрафиолетовой области спектра ($\lambda = 304 \text{ \AA}$); в) в области крайнего ультрафиолета ($\lambda = 171 \text{ \AA}$); г) в области крайнего ультрафиолета ($\lambda = 211 \text{ \AA}$). Космическая обсерватория "SDO" (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).





Самая мощная солнечная вспышка текущего цикла 15 февраля 2011 г. в ультрафиолетовой линии ($\lambda = 1700 \text{ \AA}$): а) перед вспышкой в 1 ч 37 мин по Гринвичу, б) во время вспышки в 1 ч 53 мин по Гринвичу.

ности оставался на высоком уровне 13, 14 и 18 февраля, на среднем уровне – 14, 16, 24 и 28 февраля, в остальные дни вспышечная активность была на низком и очень низком уровнях. Выбросы солнечных волокон наблюдались 10, 21 и 27 февраля, они не привели к какому-либо заметному изменению геомагнитной обстановки. Коронोगрафы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 65 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых пять типа “частичного гало” (угловая ширина $\geq 90^\circ$). Две вновь образовавшиеся корональные дыры прошли видимый диск Солнца, их влияние на околоземное космическое пространство выразилось в повышении потоков релятивистских электронов до очень высокого уровня. 4

февраля была зарегистрирована единственная магнитная буря – следствие прихода в околоземное космическое пространство возмущения от выброса большого волокна 29 января. В остальные дни месяца геомагнитная обстановка оставалась слабовозмущенной и спокойной. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ отмечался в течение 12 сут.

Март 2011 г. начался со значимого роста количества групп пятен, и к 7 марта ежедневное относительное число солнечных пятен вышло на максимальные значения. В первую декаду марта на видимом диске Солнца постоянно присутствовало три-пять групп солнечных пятен, среди которых две большие в Северном полушарии. До 16 февраля из трех групп солнечных пятен преобладали большие и средние по размеру, потом только небольшие. Новый рост числа групп пятен начался 23 марта, и уже к 25 марта на видимом диске Солнца наблюдалось шесть групп пятен, площадь одной из них большая. Распределение групп пятен по полу-

шариям в этом месяце было привычным: 10 групп пятен появились в Северном полушарии, 5 – в Южном. Максимальное наблюдаемое число пятен отмечено **8 марта** ($W = 100$), минимальное – 21 марта ($W = 17$). Самый большой всплеск вспышечной активности зарегистрирован 7–9 марта, когда за 63 ч в трех активных областях произошло 15 значимых вспышек, среди которых две большие (M5.3 и X1.5). От одной из вспышек данной серии балла M4.4, сопровождавшейся мощным корональным выбросом вещества, в околоземное космическое пространство пришли высокоэнергичные протоны, интенсивность которых соответствует категории малого солнечного протонного события. Вслед за этим во вновь образовавшейся 18 марта и быстро сформировавшейся группе пятен Северного полушария за 3 ч произошли большая (M6.6) и средняя вспышки. 22 марта отмечено второе протонное событие малой интенсивности от вспышки, произошедшей далеко за западным лимбом, отражением которой стал корональный выброс типа “гало”. Высокий уровень вспышеч-

ной активности отмечен 8–9 марта, средний уровень – 7, 10, 11, 23–25 марта. Очень низкий уровень вспышечной активности был зафиксирован только 16 и 18 марта, что еще раз подчеркивает уверенное развитие текущего солнечного цикла. Коронаграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали более 150 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых 10 были типа “частичное гало” (угловая ширина $\geq 90^\circ$) и “гало”. В

марте видимый диск Солнца проходили две вновь образовавшиеся корональные дыры. Умеренную магнитную бурю 1–2 марта вызвало возмущение от выброса большого солнечного волокна 25 февраля, а всплеск вспышечной активности 7–9 марта и высокоскоростной поток солнечного ветра от солнечной корональной дыры вызвали малую бурю (10–12 марта за 35 ч). В остальные дни месяца геомагнитная обстановка оставалась слабовозмущенной и

спокойной. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ отмечен в течение 8 сут после умеренной магнитной бури.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

В.Н. ИШКОВ,
ИЗМИРАН

Информация

Слияние двух звезд

Впервые после обработки данных, полученных в ходе Оптического эксперименту линзированию (Optical Gravitational Lensing Experiment), который проводила обсерватория Варшавского университета, зафиксировано соединение двух звезд в единую структуру. В июле – августе 2008 г. яркость объекта V1309 в созвездии Скорпиона возросла в 10 тыс. раз, и он

стал светить в 30 тыс. раз ярче Солнца. Затем яркость V1309 в течение нескольких месяцев постепенно стала прежней. Длительные наблюдения показали, что он представляет собой две звезды, обращающиеся вокруг общего центра масс с периодом 1,4 сут. Резкое увеличение блеска V1309 в 2008 г. ученые интерпретировали как слияние двух светил. В течение нескольких лет обращения звезд по мере их приближения друг к другу скорость возрастала, при этом образовывалась общая оболочка из внешних слоев. Когда же начался процесс слияния, блеск объекта возрастал каждые 19 сут примерно в два раза, а в августе буквально за

10 сут увеличился в 300 раз. К сожалению, новорожденную звезду нельзя увидеть: она полностью скрыта газопылевыми облаками, выброшенными при слиянии. Тем не менее предполагается исследовать V1309 с помощью КТХ. Слияние двух звезд – довольно частое явление во Вселенной. Например, недавно обнаружено 12 ранее неизвестных двойных систем, состоящих из белых карликов. Эволюция половины из них закончилась столкновением и взрывом как сверхновая типа Ia, для чего требуется примерно 100 млн лет.

Интернет-сайт “Science News”,
23 марта 2011 г.

Полеты автоматических межпланетных станций*

В 2010 г. – начале 2011 г. 17 АМС выполнили большой комплекс исследований планет и малых тел Солнечной системы. В обзор вошли наиболее важные данные, полученные в ходе полетов АМС, и сведения об их текущем состоянии и итогах работы.

1. “Вояджер-1 и -2” (“Voyager-1/2”, США).

Станции запущены 5 сентября и 20 августа 1977 г. (Земля и Вселенная, 1978, № 2). Напомним, что в августе 2007 г. “Вояджер-2” достиг порога Солнечной системы, точнее внутренней гелиосферы (в декабре 2004 г. ее преодолел “Вояджер-1”), и пересек ее несколько раз, потому что эта плазменная оболочка постоянно сдвигается в пространстве. С обеими станциями поддерживается связь, они передают информацию со скоростью 160 бит/с. Только на “Вояджере-2” еще функционируют приборы, которые передают информацию о характеристиках гелиосферы.

Станции несколько раз преодолели область интерфейса гелиосферы (heliosheath), в которой солнечный ветер движется с дозвуковой скоростью. “Вояджеры” окончательно покинут Солнечную систему после достижения гелиопаузы – последней границы гелиосферы, на которой ионы солнечного ветра тормозятся и останавливаются. За ее пределами начинается межзвездное пространство. Обе станции продолжают удаляться за пределы Солнечной системы со скоростью 17,06 км/с (“Вояджер-1”) и 15,5 км/с (“Вояджер-2”). К апрелю 2011 г. “Вояджер-1” находился от Земли на расстоянии 17,42 млрд. км (116,5 а.е.), сигнал от него

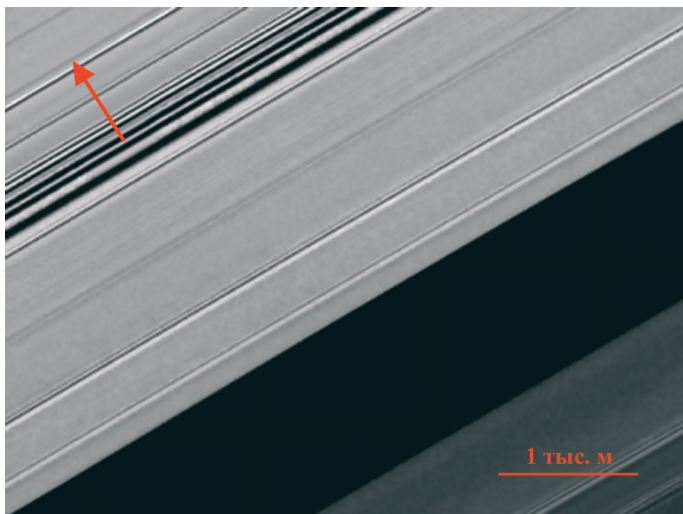
идет 16 ч 08 мин, “Вояджер-2” – 14,25 млрд. км (93,7 а.е.) и 13 ч 07 мин. Связь с ними предполагают поддерживать до 2020 г.

2. “Кассини-Гюйгенс” (“Cassini-Huygens”, NASA – ESA).

15 октября 1997 г. АМС стартовала, 1 июля 2004 г. вышла на орбиту искусственного спутника Сатурна. За прошедшее время станция передала на Землю более 220 тыс. фотографий и много научной информации. В 2011 г. ее параметры были в пределах: апоцентр – 2,4–4,1 млн. км, перицентр – 195 тыс. – 355 тыс. км, период обращения – 7–22 сут. К апрелю 2011 г. АМС совершила 147 оборотов

* Продолжение. Начало см.: 1995, № 5; 1996, № 3; 1997, № 4; 1998, № 3; 1999, № 3; 2000, № 4; 2001, № 5; 2003, № 1; 2004, №№ 1, 3; 2005, № 2; 2006, № 3; 2007, № 5; 2008, №№ 1, 5; 2009, № 2; 2010, № 2.

Один из “пропеллеров” (отмечен стрелкой) в кольце А Сатурна. В этом месте видны несколько волн плотности вещества из-за влияния крошечных спутников. Темная область ниже кольца — щель Энке. Снимок сделан 8 июля 2010 г. АМС “Кассини” с расстояния 310 тыс. км (разрешение — 1 км). Фото NASA.



вокруг Сатурна. В 2011 г. (143–159-й витки) исследовались в основном спутник Сатурна Титан (63–74-й облеты), а также малые спутники Сатурна, экваториальные области планеты, его кольца и магнитосфера.

В апреле 2010 г. АМС сфотографировала в кольце А одиннадцать гигантских структур в форме “пропеллеров”, обнаруженных еще в 2006 г. в области, которая сейчас известна как “пояс пропеллеров” (Земля и Вселенная, 2006, № 4, с. 104). 9 июля 2010 г. открыт новый класс малых спутников Сатурна диаметром 1–2 км, скрытых в кольце А и образовавших в нем характерные бреши. Такие необычные структуры появляются в результате воздействия гравитационных сил этих крошечных спутников. Они как бы расталкивают материал колец примерно на 500 м в плоскости, перпендикулярной плоскости колец, средняя толщина которых всего

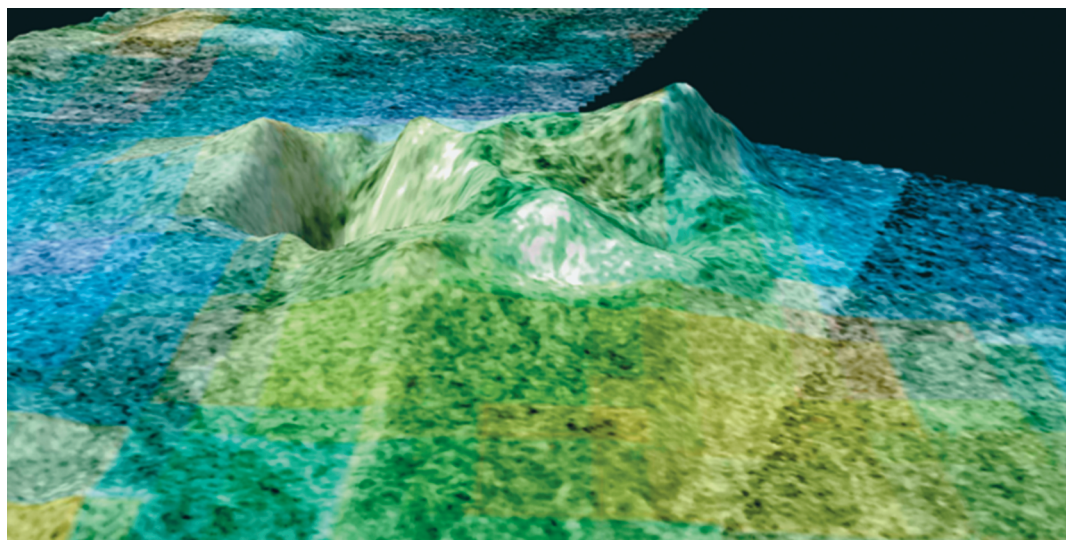
около 9 м. В длину самые крупные из них достигают тысяч километров, а ширина составляет несколько километров. В кольце В постоянно наблюдались гигантские волны, аналогичные спиральным рукам галактик. Волны перемещаются по плоскости кольца благодаря тому, что его плотность довольно высока, более того, плотный материал кольца усиливает интенсивность волн. Определены характер обмена веществом и взаимодействие спутников, кольца Е и магнитосферы Сатурна.

Во время пролетов мимо Титана исследовалась его атмосфера, состоящая из мельчайших капелек углеводородов в виде коричневатого тумана, в ней замечены молнии и мелкие дожди из метана и этана, после которых на поверх-

ности спутника остаются высохшие русла “рек”. В конце 2010 г. в атмосфере Титана обнаружены легкие тонкие облака из частиц льда, похожие на земные перистые. Составлены трехмерные модели поверхности некоторых районов Титана.

Из снимков Мимаса, Энцелада, Тефии, Дионы и Реи, сделанных в 2004–2010 гг. “Кассини”, составлены карты высокого разрешения. На этих картах видны цветные пятна — следы частиц плазмы в магнитосфере Сатурна и обменных явлений и процессов. Тефия, Диона и Рея, двигаясь по своим орбитам, проходят через выбросы Энцелада, которые остаются на одном из полушарий спутников.

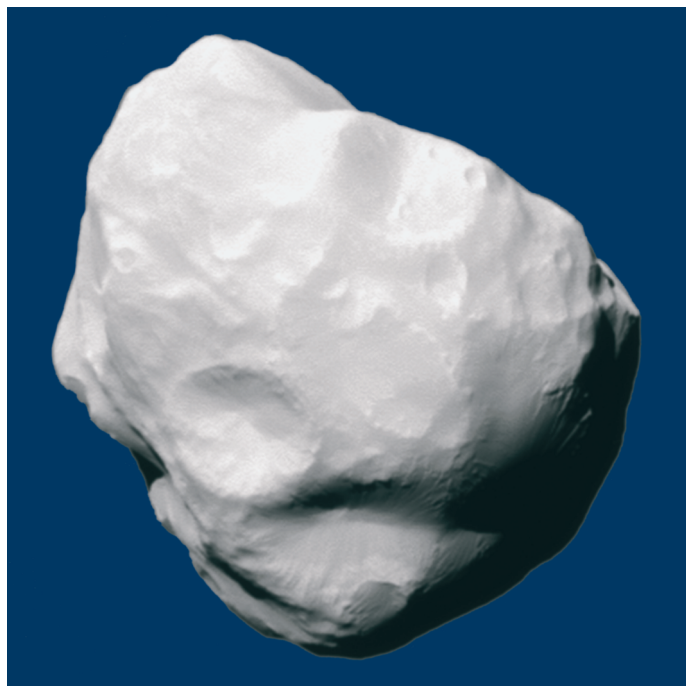
В сентябре 2010 г. — марте 2011 г. получены новые фотографии Реи, Мимаса, Энцелада, Елены и Дионы. 11 января



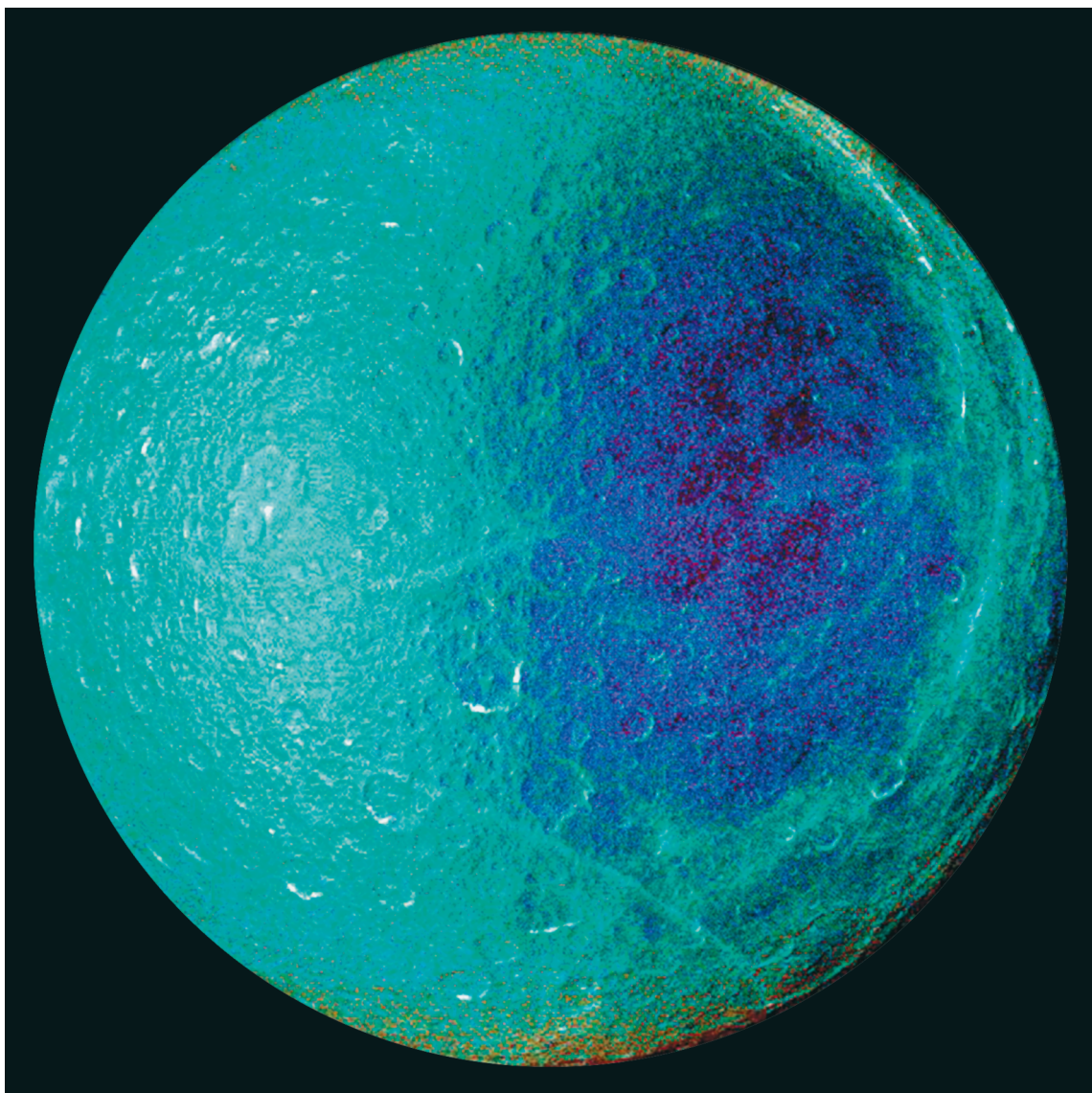
2011 г. АМС пролетела на самом близком расстоянии (69 км) от Реи. Возможно, у нее существует кольцо из материала, выброшенного при падении небесного тела в

недавнем прошлом. Под 15–20-км толщей льда Энцелада обнаружен океан. В трещинах Энцелада (“тигровые полосы”, образованные в ледяном панцире) температура

Трехмерная модель района Факел Сотра (Sotra Facula) на Титане. Здесь расположены затвердевшие ледяные потоки толщиной 100 м и воронка глубиной 1,5 км – место криовулканизма (излияние водяного льда с аммиаком), а также два пика высотой более 1 км (справа). Цвета условные, показывающие различный состав поверхности: синий – водяной лед, желтый – органические соединения, зеленый – лавовые потоки, коричневый – песчаные дюны. Реконструкция снимков 2010 г., полученных АМС “Кассини”. Фото NASA.



Обратная сторона спутника Сатурна Елены. Видны многочисленные впадины и кратеры (диаметр спутника – 33 км). Снимок получен 17 сентября 2010 г. АМС “Кассини” с расстояния 19 тыс. км (разрешение – 113 м). Фото NASA.

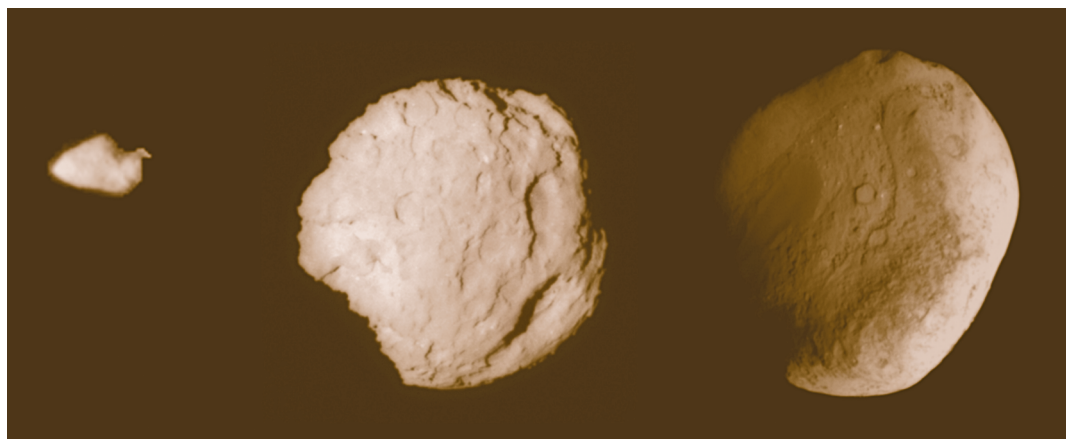


Полушарие спутника Сатурна Реи, обращенное к нему. Цветовые различия поверхности связаны с падением вещества и метеоритных обломков, влиянием ионов магнитосферы планеты. Снимок получен 21 декабря 2010 г. АМС “Кассини” с расстояния 35 тыс. км (разрешение – 2 км). Фото NASA.

повышается до -85°C , на поверхности она -201°C . Океан состоит из довольно теплой воды (до 0°C) и насыщенной газами воды, просачивающейся в трещины и бьющей многочисленными фонтанами на высоту 500 км (диаметр спутника). Источник нагрева воды пока неизвестен, но считается,

что такая среда вполне пригодна для зарождения жизни.

Работу “Кассини” продолжили до мая 2017 г., за этот период он сделает еще 155 оборотов вокруг Сатурна. В сентябре 2010 г. начал этап “Солнцестояние” миссии “Кассини”, так как в мае 2017 г. в Северном по-



лушарии Сатурна будет летнее солнцестояние.

3. “Стардаст” (“Stardust”, США). АМС запущена 7 февраля 1999 г. После исследования кометы Вильда-2 (ее вещество 15 января 2006 г. доставлено на Землю; Земля и Вселенная, 2004, № 3, с. 19–21; 2005, № 2, с. 61–62; 2006, № 2, с. 56; № 3, с. 84–85) и пятилетнего путешествия на околосолнечной орбите 24 января 2009 г. она выполнила гравитационный маневр у Земли. Напомним, что в 2007 г. NASA утвердила новую программу исследований – “Stardust-NEXT”, направив АМС к комете 9P/Темпеля 1 семейства Юпитера, в ядро которой ранее, 4 июля 2005 г., врезался 370-кг снаряд “Импактор”, сброшенный с американской АМС “Дип Импакт” (запущена 2 января 2004 г.; Земля и Вселенная, 2005, № 3, с. 40–41; № 6, с. 101–102). “Стардаст” вышла на но-

вую орбиту: расстояние в перигелии – 0,971 а.е., в афелии – 1,729 а.е., период обращения – 572,78 сут. 15 февраля 2011 г. она исследовала комету Темпеля 1, пролетев на расстоянии 178 км от ее ядра размером $4,9 \times 7,6$ км и массой 882×10^9 т со скоростью 10,9 км/с. На Землю передано 122 фотографии, с помощью масс-спектрометра исследовался состав вещества кометы. На снимках обнаружены эрозия поверхности ядра (желоба, провалы, террасы) и кратер диаметром 150 м, образованный при ударе снарядом “Импактор”. Эрозия возникает при испарении льда, несмотря на то что комета приближается к Солнцу до орбиты Марса. Диаметр ядра кометы уменьшается на 25–50 см за один оборот вокруг Солнца. Эти изменения заметны на новых фотографиях (см. стр. 2 обложки). На этом

Сравнительные размеры малых тел Солнечной системы, исследованных за 12 лет АМС “Стардаст”: астероид Аннефранк (2 ноября 2002 г.), ядра комет Вильда-2 (2 января 2004 г.) и Темпеля 1 (15 февраля 2011 г.). Фото NASA.

программа полета “Стардаст” завершена.

4. “Марс Одиссей” (“Mars Odyssey”, США). 7 апреля 2001 г. АМС запущена, 24 октября 2001 г. она вышла на орбиту искусственного спутника Марса. В течение 10 лет станция картографировала поверхность Марса, собирала научные данные о климате, геологии и минералогии, радиационной обстановке. Составлены карты полярных ледяных шапок Марса и отдельных образований со следами воздействия воды. Продолжены исследования залегания водяного льда под поверхностью плане-

ты с помощью российского нейтронного спектрометра ХЭНД (HEND, High Energy Neutron Detector – детектор нейтронов высоких энергий). Камерой THEMIS получены ИК-снимки отдельных участков поверхности Марса. АМС занимается в основном ретрансляцией на Землю информации от марсоходов “Спирит” и “Оппортьюнити”. Работа АМС “Марс Одиссей” продлена до 2016 г.

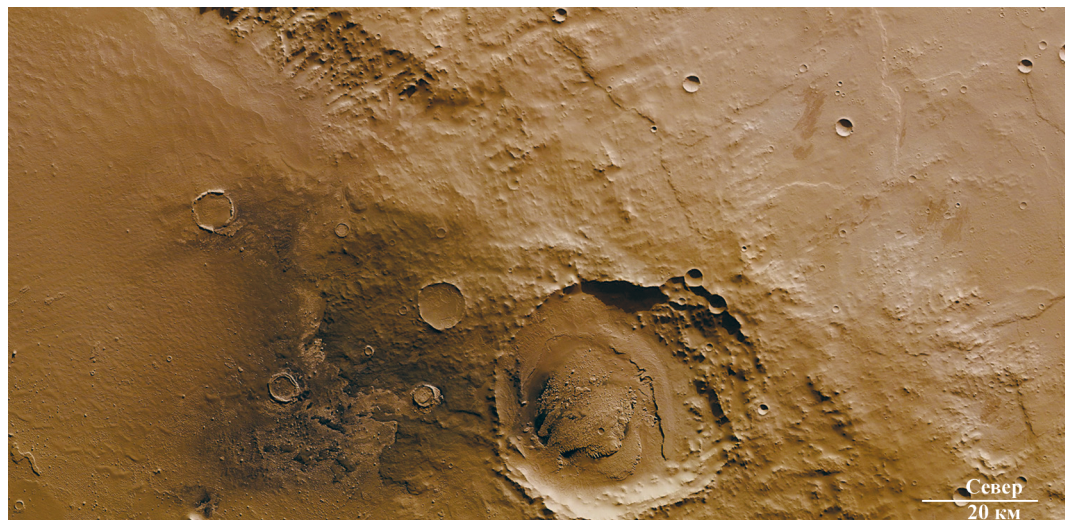
5. “Марс Экспресс” (“Mars Express”, ESA). АМС стартовала 2 июня 2003 г., а 25 декабря того же года вышла на орбиту искусственного

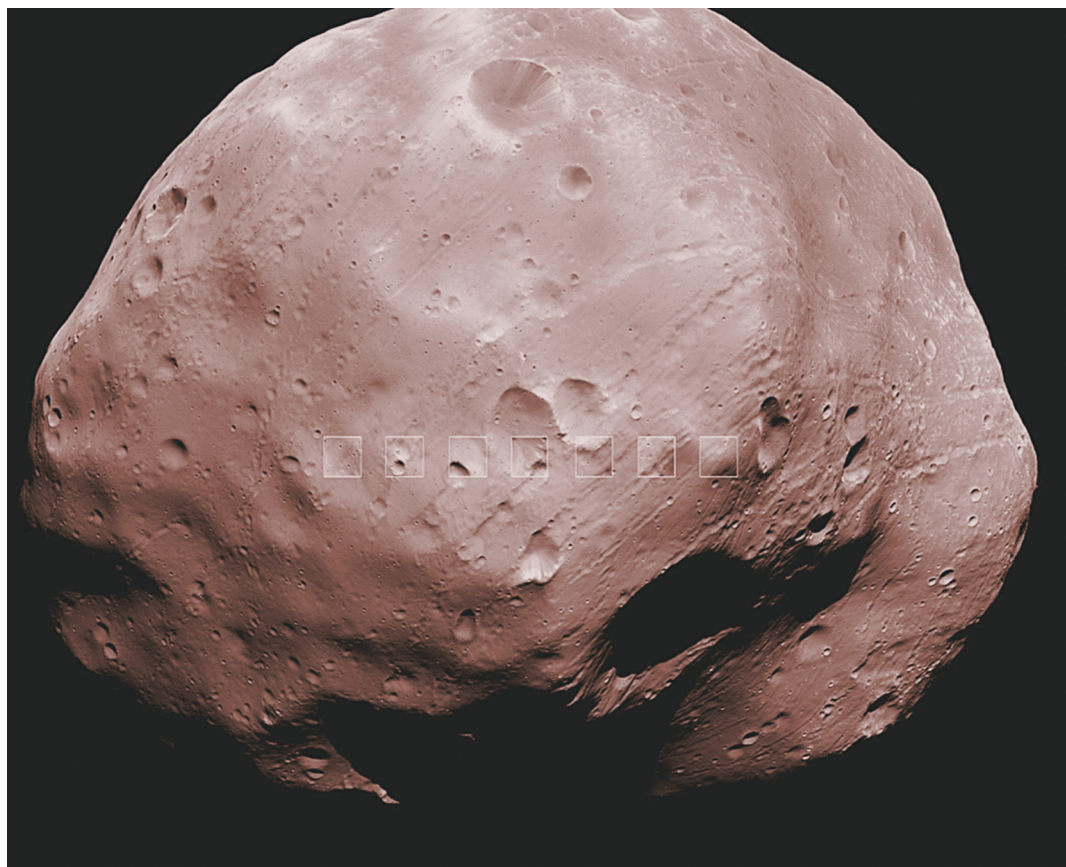
спутника Марса (высота – $259 \times 11\,560$ км, наклонение – $86,6^\circ$, период обращения – 7,5 ч) и в конце января 2004 г. начала исследования планеты. Продолжаются глобальное картографирование Марса, метеорологические, геологические и геохимические исследования. За пять марсианских лет мониторинга планеты накоплено достаточно сведений, чтобы судить о круговороте воды на планете (Земля и Вселенная, 2008, № 4). Стереокамерой HRSC сделаны снимки отдельных участков поверхности Марса в районе экватора. Получены новые снимки спутников Марса Фобоса и Деймоса (Земля и Вселенная, 2010, № 3). Например, 9 января 2011 г. на 8974-м витке с расстояния 100 км сделаны снимки Южного полушария Фобоса, причем некоторые участки по-

верхности – с разрешением до 3 м. Программа работы АМС продлена до конца 2012 г.

6. “МЭР-1 и -2” (“MER-1/2”, США). Марсоходы запущены 10 июня и 25 июня 2003 г.; 4 января “Спирит” (“Spirit”) и 25 января 2004 г. “Оппортьюнити” (“Opportunity”) совершили мягкую посадку на Марс. Рассчитанные на 90 сут функционирования, оба марсохода работают на поверхности Марса уже 7 лет! После исследования кратеров Виктория (диаметр – 730 м) и Санта Мария (90 м), “Оппортьюнити”, находящийся в районе экватора на равнине Земли Меридиани (Terra Meridiani), направился к кратеру Индевор (диаметр – 22 км). 16 марта 2011 г. он завершил трехмесячное изучение относительно молодого кратера Санта Мария. В нем остались свежие следы вывет-

Участок поверхности Марса размером 150×460 км в районе Земли Меридиани (Terra Meridiani). Внизу – 42-км кратер Скиапарелли. Изображение получено 15 июля 2010 г. стереокамерой HRSC АМС “Марс Экспресс”. Фото ESA.





Южное полушарие Фобоса. На отмеченных квадратах (разрешение до 3 м) можно заметить мелкие кратеры, впадины и отдельные борозды. Монтаж снимков, сделанных 9 января 2011 г. АМС "Марс Экспресс" с расстояния 100 км. Фото ESA.

ривания и эрозии. "Оппотьюнити" нашел здесь гидратированный сульфат – результат воздействия сильной окислительной среды, например кисло-соленого водоема или горячего источника. "Оппотьюнити" движется к кратеру Индевор уже

более двух лет, до него ему осталось еще 6 км. В общей сложности он прошел 26,7 км и его работа продлена до 2012 г. В марте 2010 г. "Спирит" автоматически переключился в "спящий" режим из-за недостатка вырабатываемой солнечными батареями энергии. Напомним, что марсоход "Спирит" в мае 2009 г. застрял в песке в Южном полушарии в районе холмов Колумбия в кратере Гусев, "пережив" четыре суровые зимы. До этого он проводил панорамную съемку местности.

"Спирит" продвинулся за семь лет всего на 7,7 км. Сделано десять попыток снять его с камня, но пока безуспешно.

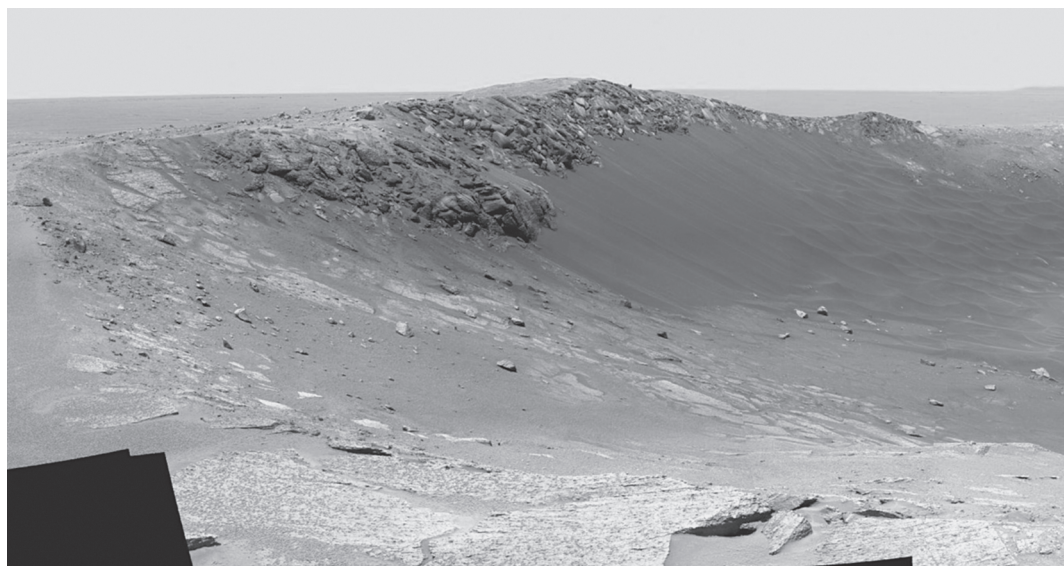
7. "Розетта" ("Rosetta", ESA). АМС запущена 2 марта 2004 г. "Розетта" уже прошла путь в 7,2 млрд. км, двигаясь по гелиоцентрической орбите: расстояние от Солнца – $2,43 \times 3,41$ а.е., наклонение – $1,5^\circ$, период обращения – 2,12 года. Напомним, что "Розетта" более шести лет совершает полет по гелиоцентрической орбите (Земля и Вселенная,

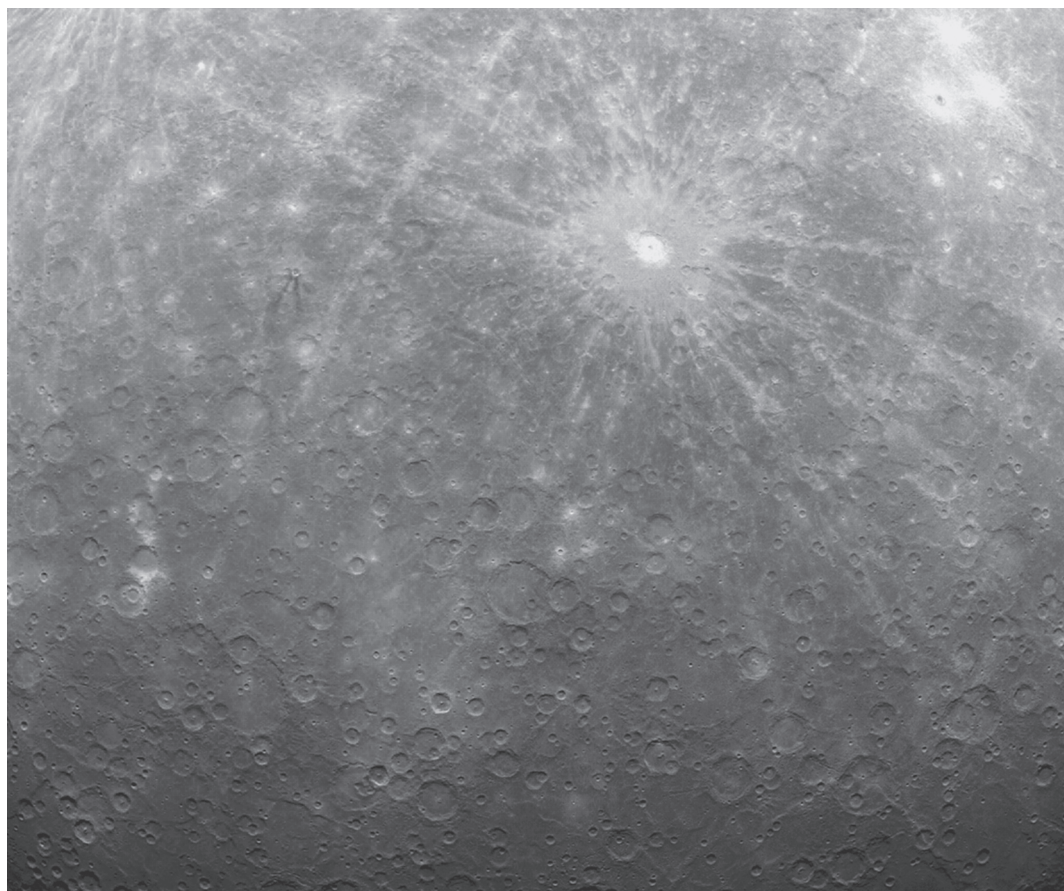
2004, № 4, с. 47–49) и уже исследовала 5 сентября 2008 г. астероид Штейнс и 10 июля 2010 г. астероид Лютеция (Земля и Вселенная, 2009, № 2, с. 86; 2010, № 6, с. 67). Теперь “Розетта направилась к главной цели – комете Чурюмова–Герасименко, к которой подлетит в мае 2014 г. Ее исследования продлятся до декабря 2015 г., затем 10 ноября 2014 г. спускаемый аппарат “Филай” должен совершить посадку на ядро этой кометы.

Кратер Санта Мария на равнине Земля Меридиани. На склонах кратера видны осыпи и обломки камней, внутри – скальные плиты и дюнное поле. Снимок получен 24 января 2011 г. марсоходом “Оппортьюнити”. Фото NASA.

8. “Мессенджер” (“Messenger”, США). АМС запущена 3 августа 2004 г. (Земля и Вселенная, 2004, № 6; 2005, № 2). Напомним, что 14 января и 6 октября 2008 г., 29 сентября 2009 г. станция совершила три пролета около Меркурия, передав снимки его поверхности и новые данные о планете (Земля и Вселенная, 2008, №№ 3, 4; 2009, № 2; 2010, № 2). За это время она сделала 15 витков вокруг Солнца, преодолев путь в 7,9 млрд км. 18 марта 2011 г. АМС вышла на орбиту вокруг Меркурия, став **первым искусственным спутником этой планеты.** Расчетная орбита зонда имеет форму сильно вытянутого эллипса: минимальное расстояние – 190 км, максимальное – около 15 тыс. км, наклонение – 82°. При-

тяжение Солнца постоянно оказывает влияние на движение станции, поэтому каждые 88 сут, или один год на Меркурии, аппарат будет корректировать высоту орбиты. Научная аппаратура (семь приборов) включена 24 марта, а первый снимок сделан 29 марта (см. стр. 1 обложки). В этот момент “Мессенджер” пролетел над Южным полюсом Меркурия, на следующих 363 снимках видны те районы, которые до этого никогда не фотографировали. 31 марта – 2 апреля с помощью камеры высокого разрешения MDIS получено 1185 изображений планеты. На фотографиях обнаружены доказательства ее недавнего вулканического прошлого, закончившегося миллиард лет назад. В течение нескольких месяцев пред-





полагается получить еще 75 тыс. изображений. Лазерный высотомер MLA, измеряет рельеф, спектрометры и магнитометр исследуют состав грунта и магнитосферу, регистрируют плазменные процессы в космическом пространстве над Меркурием, 4 апреля началась программа исследований планеты, рассчитанная на год.

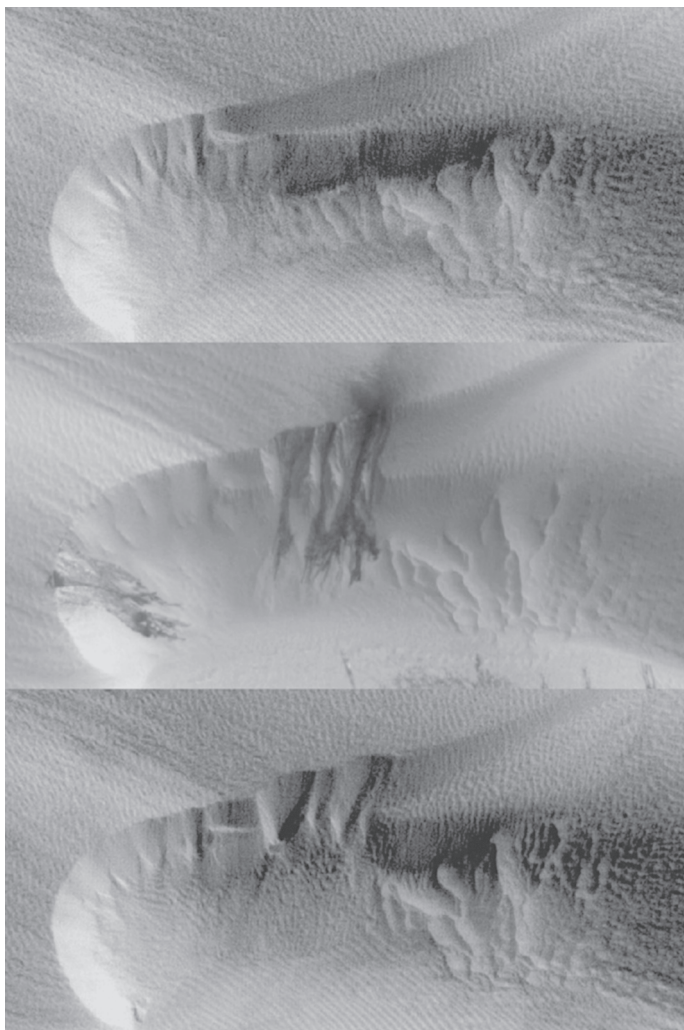
9. “Дип Импакт” (“Deep Impact”). АМС запущена 12 января 2005 г. (Земля и Вселенная, 2005, № 5). После исследования 4 июля 2005 г.

кометы Tempel 1 станция сохранила работоспособность, поэтому 31 декабря 2007 г. была направлена к комете Хартли-2 (103P/Hartley 2). Станция обращается по гелиоцентрической орбите: афелий – 0,91 а.е., перигелий – 1,09 а.е., наклонение – $4,2^\circ$, период обращения – 365,4 сут. 4 ноября 2010 г. АМС пролетела со скоростью 37 км/с на расстоянии около 700 км около ядра кометы Хартли-2 размерами $0,4 \times 1,2 \times 1,6$ км. Это короткопериодическая комета семейства

Участок поверхности Меркурия около Южного полюса. Вверху – кратер Дебюсси диаметром 80 км с центральным пиком и длинными светлыми лучами, вокруг которого много мелких кратеров со следами вулканизма. Справа от него – более мелкий кратер Матабей с темными лучами. Снимок сделан 29 марта 2011 г. АМС “Мессенджер” с расстояния около 7 тыс. км (разрешение – 2,7 км). Фото NASA.

Юпитера с периодом обращения 6,46 года, ее перигелий – 1,05 а.е. Во время максимального сближения получены

Марсианская дюна, в которой происходят сезонные изменения. Участок размером 140 × 285 м района с координатами 84° с.ш. и 233° в.д. В конце весны лед начинает испаряться (вверху), в середине весны еще остается слой льда и песок сползает по дюнам (в середине), в начале лета лед тает и возникают оползни (внизу). Снимки сделаны 17 июня 2008 г., 23 февраля и 2 июля 2010 г. камерой высокого разрешения HiRISE AMC “Марсианский орбитальный разведчик”. Фото NASA.

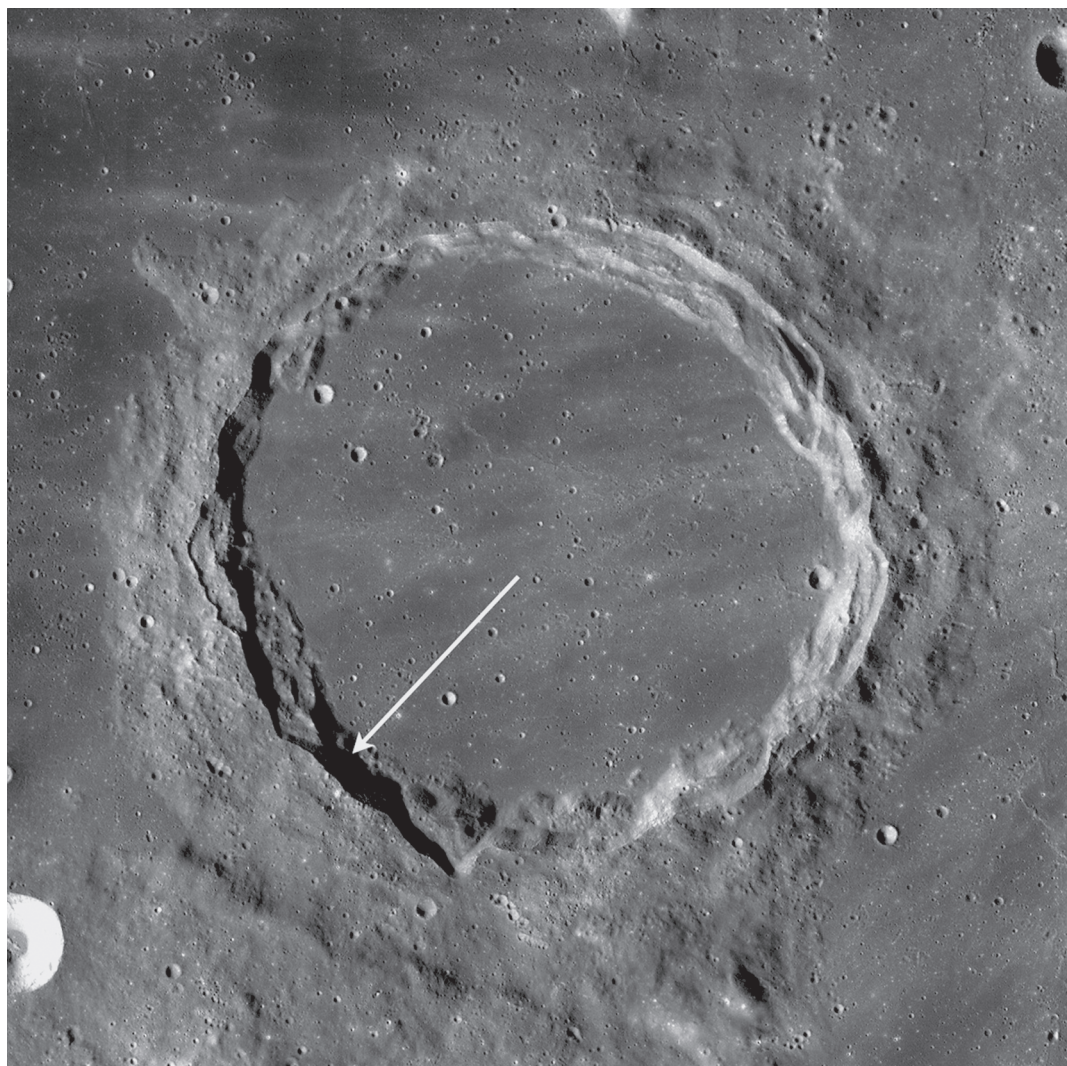


118 тыс. снимков и спектры ядра кометы, оказавшегося очень активным: из него выбрасывались газовые струи (Земля и Вселенная, 2011, № 2, с. 108–109). Данные о составе и структуре ядра кометы позволят судить о процессе формирования всей Солнечной системы. После исследования кометы станция занялась поисками астероидов по дополнительной программе “Deer Impact/EPOXI”.

10. “Марсианский орбитальный разведчик” (“Mars Reconnaissance Orbiter”, США). AMC стартовала 12 августа 2005 г., вышла на орбиту искусственного спутника Марса в октябре 2006 г. За прошедшее время станция передала 1,2 тыс. метеорологических данных и более 20 тыс. снимков Марса (6% поверхности с разрешением лучше 1 м и 71% с разрешением

10 м), созданы карты минерального состава 70% планеты и проведена радиолокационная съемка полярных шапок и подповерхностных слоев грунта. AMC продолжает работу на круговой орбите высотой 300 км, наклоном 89,2° и периодом обращения 62 мин. С помощью радара получены новые данные о ландшафтах вокруг Северной полярной шапки, несколько

хуже изучено Южное полушарие. Оказалось, что под действием тепловой и ветровой эрозии в полярных районах происходят активные изменения рельефа поверхности. Проводилась фотосъемка с помощью камеры высокого разрешения HiRISE одних и тех же мест в течение марсианского года (чуть меньше двух земных лет), которая выявила более 40% участков,



где произошли обвалы и лавины, образовались овраги и каверны (провалы грунта). Песчаные и дюнные поля в зимнее время закрывают слой “сухого” льда, а весной и летом лед тает, разрыхляя песок. В некоторых областях эрозионные процессы вызвали перемещение сотен кубометров грунта по склонам дюн. Напри-

мер, в течение двух сезонов прослежены оползневые процессы одной из дюн недалеко от Северной полярной шапки. Замечены также глубокие отверстия с отвесными стенками (иногда даже с отрицательным наклоном). 1 ноября 2010 г. сфотографирован один из таких провалов шириной 180 м, находящийся

Кратер Архимед в Море Дождей на Луне (стрелкой показан высокий уступ). Снимок получен 2 марта 2011 г. АМС “Лунный орбитальный разведчик” с высоты 130 км (разрешение – 1 м). Фото NASA.

недалеко от Аскрейской горы, на дне которого обнаружены скальные обломки и отложения сыпучего материала.

Программа исследований АМС рассчитана до декабря 2015 г.

11. “ВенераЭкспресс” (“Venus Express”, ESA). АМС запущена 9 ноября 2005 г., вышла на орбиту искусственного спутника Венеры 16 апреля 2006 г. После нескольких маневров перешла 7 мая 2006 г. на рабочую орбиту высотой $250 \times 66\,000$ км, наклонением 89° , периодом обращения 24 ч. АМС продолжила исследование динамических и термохимических процессов облачного покрова и верхних слоев атмосферы планеты, измеряла температуру поверхности, по ее данным составлены карты распределения химических элементов в грунте Венеры.

Работа станции продлена до конца 2012 г.

12. “Новые горизонты” (“New Horizons”, США). АМС стартовала 19 января 2006 г. и продолжает полет к главной цели – Плутону, вблизи которого она пролетит 14 июля 2015 г. Напомним, что в сентябре 2009 г. начат поиск объектов в поясе Койпера для исследований (Земля и Вселенная, 2007, № 1). До 2015 г. станция будет находиться в “спящем” режиме и время от времени “пробуждаться” для проверки работы систем и

приборов (четвертая прошла в мае – июле 2010 г.). 23–24 июня 2010 г. АМС фотографировала Юпитер, Уран, Нептун и Плутон, а 30 июня проведена четвертая коррекция траектории полета. 17 октября 2010 г. она преодолела половину пути (более 18 а.е. от Солнца). 22 марта 2011 г. АМС пересекла орбиту Урана. В этот момент от планеты станцию отделяло примерно 3,8 млрд км, ее скорость полета – 18,94 км/с, она преодолевает примерно 5 а.е. в год.

13. “Доун” (“Dawn”, США). АМС запущена 27 сентября 2007 г. (Земля и Вселенная, 2008, № 1). Станция совершает полет к астероиду Весте и карликовой планете Церере, чтобы измерить их массу, форму, гравитационные поля, исследовать рельеф поверхности, тектоническую эволюцию и минеральный состав. Главная цель миссии – выяснить, как сформировались эти астероиды в раннюю эпоху развития Солнечной системы. Напомним, что 18 февраля 2009 г. АМС совершила пертурбационный пролет мимо Марса, а затем отправилась к Весте, с которой сблизится в июле 2011 г. До апреля 2012 г. станция будет исследовать Весту ($458 \times 560 \times 578$ км) с орбиты ее искусственного спутника высотой 120×700 км.

Потом “Доун” полетит к Церере (909×975 км) и должна выйти в феврале 2015 г. на орбиту ее искусственного спутника высотой 140×860 км. Возможно, затем АМС будет направлена к астероиду Паллада.

14. “Лунный орбитальный разведчик” (“Lunar Reconnaissance Orbiter”, США). АМС стартовала 18 июня 2009 г. (Земля и Вселенная, 2009, № 6). 23 июня 2009 г. станция вышла на орбиту искусственного спутника Луны высотой 31×199 км, наклонением 89° периодом обращения 123 мин. С полярной орбиты она продолжает исследования Луны. Обнаружены 14 ранее неизвестных специфических деталей рельефа – дольчатые или лопастные эскарпы (полукруглые уступы высотой до 100 м и длиной в несколько километров), представляющие собой глобальное явление. Эти образования свидетельствуют о сжатии Луны примерно на 100 м, которое произошло от 100 млн до 1 млрд лет назад. Получены характеристики радиационного излучения и заряженных частиц (солнечные и галактические лучи) в окололунном пространстве. С помощью радиометра, нейтронного детектора и спектрометра найдены места залегания водно-

го льда на глубине 1–2 м в полярных областях Луны, радар картографирует отдельные участки. Составлена трехмерная карта рельефа поверхности Луны с помощью лазерного высотомера LOLA. Фотографический комплекс передал более 1300 черно-белых изображений с разрешением 1 м наиболее интересных областей Луны. На некоторых запечатлены два провала (каверны), вероятно, образовавшихся в лавовых трубках, ширина одной из них – 130 м (такие же найдены на Марсе). 2 марта 2011 г. получены фотографии высокого разрешения кратера Архимед (29,7° с.ш. и 4,0° з.д.) в Море Дождей, образовавшегося в результате падения со скоростью 20 м/с железного метеорита (диаметр – более 100 м, масса – 3×10^{10} т). На снимке дно кратера затоплено базальтовыми породами.

15. “Акацуки” (“Akatsuki”, Япония). АМС и экспериментальный КА “Икар” (“Ikaros”) запущены 20 мая 2010 г. (Земля и Вселенная, 2010, № 6, с. 75–76). Предполагалось, что “Акацуки”

займется непрерывным мониторингом атмосферных процессов Венеры, то есть станет первым метеоспутником этой планеты. Станция предназначена для изучения климата, атмосферы и поверхности Венеры в течение двух лет. Однако 8 декабря 2010 г. из-за сбоя в работе тормозного двигателя станция не вышла на орбиту ИСВ. Такие же проблемы возникли с другой японской АМС – “Нодзоми” (“Nozomi”), которая при пролете 14 декабря 2003 г. около Марса не смогла выйти на орбиту ИСМ (Земля и Вселенная, 2004, № 3, с. 19). Сейчас “Акацуки” находится на гелиоцентрической орбите. Проверяется возможность повторного включения двигателя. Если двигатель и научные приборы останутся в рабочем состоянии, то через шесть лет при сближении станции с Венерой ее попробуют перевести на орбиту ИСВ для запланированных исследований. Солнечный парус “Икар” также продолжает полет по гелиоцентрической орбите, с ним проводятся эксперименты.

16. “Чанъэ-2” (“Chang’e-2”, Китай). АМС стартовала 1 октября 2010 г. (Земля и Вселенная, 2011, № 2, с. 76). 9 октября она вышла на рабочую круговую окололунную орбиту высотой 100 км и периодом обращения 118 мин. С 27 октября станция выполняет стереосъемку лунной поверхности с целью выбора подходящего места посадки АМС “Чанъэ-3”, запуск которой намечен на 2013 г. С помощью лазерного высотомера измеряют рельеф лунной поверхности, спектрометры исследуют минеральный состав лунных пород, детекторы регистрируют заряженные частицы в окололунном пространстве. Работа ИСЛ рассчитана на полгода.

По материалам NASA, JPL, ESA, EADS-Astrium, JAXA, CNSA, Центра космических полетов им Р. Годдарда, Университетов Калифорнии и Бостона, информагентств, Интернет-сайтов “Астронет” и “Space News”, журналов “Spaceflight” и “Новости космонавтики” за 2010–2011 гг.

С.А. Герасютин

Урбен Жан Жозеф Леверье

(К 200-летию со дня рождения)

ТРИУМФ

День 23 сентября 1846 г. вошел в историю астрономии как день величайшего триумфа ньютоновой небесной механики. Астроном Берлинской обсерватории **И. Галле** (1812–1910), получив в этот день письмо из Франции, и его молодой ассистент **Г.Л. д'Аррест** (1822–1875) в тот же вечер направили свой телескоп на отмеченное в письме место неба. Сравнив картину с точной звездной картой, очередная партия которых только что вышла к тому времени в Германии, они всего лишь в 52' (на расстоянии полутора дисков Луны) от него обнаружили "лишнюю" звездочку восьмой величины с явно заметным диском. И. Галле убедился, что перед ним новая большая планета Солнечной системы, предвычисленное местоположение которой и указывалось в письме из Парижа. Ее существование было предсказано исключительно методами небесной механики, позволившей заранее вычислить основные элементы орбиты, собственное движение и даже массу этой новой, восьмой планеты, удаленной от Солнца на 4,5 млрд. км и получившей имя Нептун. Период ее обращения вокруг Солнца превышает 160 лет.

Автором письма был французский небесный механик **У.Ж.Ж. Леверье**, сразу же после 23 сентября 1846 г. обретший всемирную известность и славу.

Вместе с тем вскоре стало известно, что так же, теоретически, проблема за-

урановой планеты была решена за год до Леверье молодым английским астрономом-теоретиком и блестящим математиком **Джоном Коучем Адамсом** (1819–1892), который начал ею заниматься в 1841 г., едва ли не на студенческой скамье в Кембриджском университете, и получил первые результаты уже в 1843 г. Необычайно требовательный к себе, он неоднократно уточнял их, не решаясь публиковать, и в 1844 г. представил их ведущим астрономам Англии директору Кембриджской обсерватории Дж. Чэллису и директору Гринвичской обсерватории королевскому астроному Дж.Б. Эри. Но расчеты начинающего ученого не вызвали достаточного доверия и не были использованы в свое время, о чем соотечественники Адамса горько, но запоздало пожалели.

Астрономический мир узнал о работе Дж.К. Адамса лишь после свершившегося факта – обнаружения новой планеты. Впоследствии заслуги Дж.К. Адамса в открытии Нептуна также были признаны, но всемирная слава и множество почестей за это эпохальное открытие, в полтора раза увеличившее размеры нашей планетной системы и триумфально подтвердившее справедливость закона всемирного тяготения, достались Франции в лице ее достойного представителя У.Ж.Ж. Леверье.

Драматическая история открытия Нептуна объединила в истории астрономии эти два великих имени в неразрывную "двойную звезду".



Урбен Жан Жозеф Леверье (1811–1877).

ЖИЗНЬ В НАУКЕ

Урбен Жан Жозеф Леверье родился 11 марта 1811 г. на северо-западе Франции в Нормандии, в семье мелкого чиновника. Исключительно благодаря своей энергии и неукротимой воле он получил высшее образование в знаменитой основанной П.С. Лапласом (1749–1827; Земля и Вселенная, 2009, № 2) Политехнической школе Парижа, которую окончил в 1833 г. После нескольких лет “скитаний” в науке, начав с химии, У. Леверье лишь к двадцати восьми годам нашел свое призвание – в небесной механике.

В это время в астрономии едва ли не наиболее актуальной проблемой была проблема загадочных возмущений в движении крайней тогда планеты Солнечной системы – Урана, открытого в 1781 г. В. Гершелем (1738–1822; Земля и Вселенная, 2008, № 6) и уже обзаведшегося открытыми им же двумя спутни-

ками. С конца XVIII в., когда появилась первая теория движения Урана, астрономы стали замечать странности в его поведении. За полвека три раза заново уточняли таблицы его движения, а он упрямо противоречил им. К 1840 г. расхождения между наблюдаемыми и вычисленными по таблицам положениями Урана доходили до 80". Таким образом, ошибки таблиц почти в 100 раз превысили ту наименьшую величину – угловую секунду, которую уже могли улавливать и с точностью до которой измеряли положения небесных тел астрономы. Это было тревожным сигналом.

Эта третья по величине планета системы то отставала, то убегала вперед на своей орбите, и никакие попытки объяснить это влиянием двух главных “возмутителей спокойствия” в Солнечной системе – притяжением Юпитера и Сатурна – не удавались. Было выдвинуто и обсуждалось целых пять новых возможных причин возмущения: торможение в межпланетной среде; влияние еще не открытых и достаточно больших спутников планеты; столкновение с кометой; неточность самого... закона всемирного тяготения и воздействие еще неизвестной заурановой планеты.

Существование новых планет, исходя из общих представлений о Вселенной и из некоторых особенностей нашей Солнечной системы, предсказывали Дж. Бруно, И. Кеплер, Томас Райт, в том же был убежден молодой философ Иммануил Кант. Вместе с тем еще И. Ньютон показал (1687) неизбежность возмущений в движении планет, отклонений их от движений строгого по Кеплеру ввиду взаимного тяготения многих тел. И такие возмущения от известных планет астрономы научились определять. Но решение намного более трудной так называемой обратной задачи – по возмущениям найти орбиту возмущающего тела – стало возможным лишь в первой половине XIX в., после создания и развития современной небесной механики с ее мощным фундаментом: новым математическим ап-

паратом в виде дифференциальных и интегральных уравнений и значительного повышения точности определения положений небесных тел (до 1").

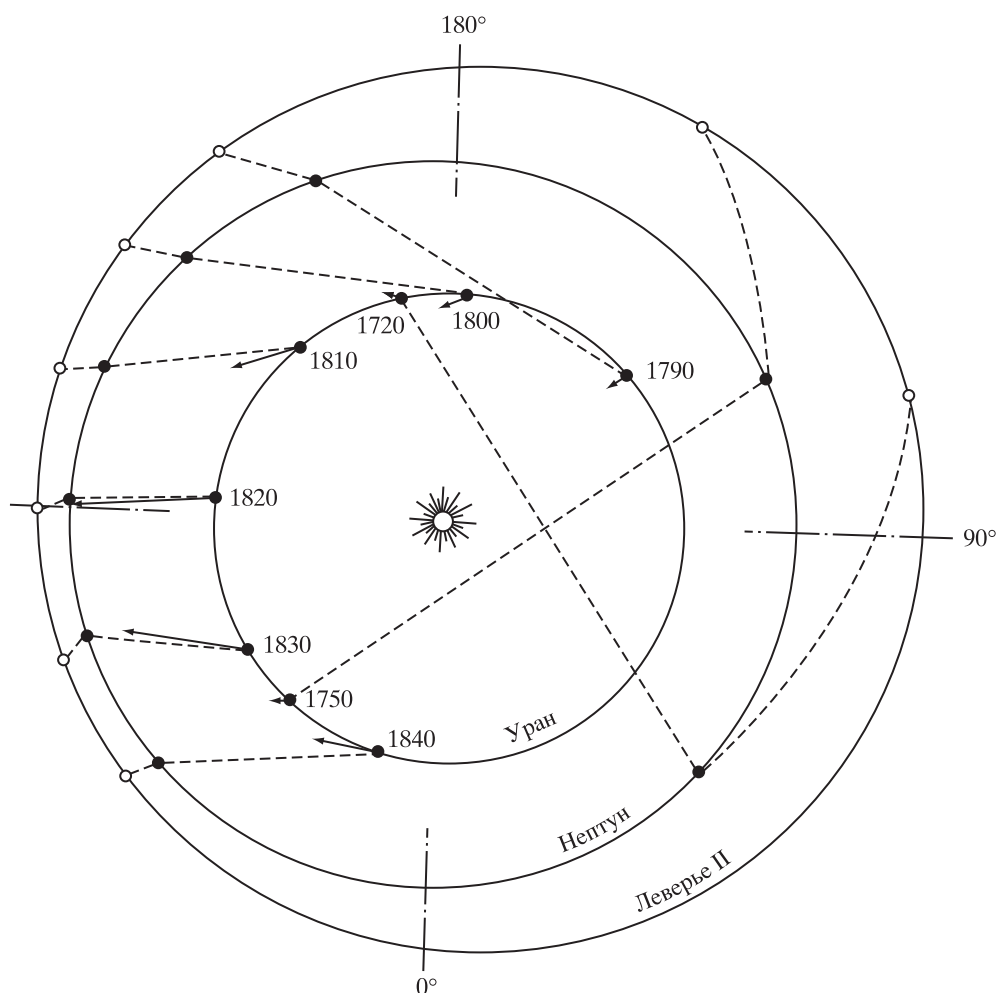
К первой половине 30-х гг. XIX в. все другие гипотезы о причинах возмущения Урана были отклонены (в этом участвовал и Леверье), и проблема теоретического определения орбиты и параметров заурановой планеты стала первостепенной задачей в небесной механике. Наиболее решительные, как, например, бывший ученик и помощник Лапласа Алексис Бувар (а затем и его племянник Е. Бувар) во Франции и молодой бакалавр Кембриджа Дж.К. Адамс взялись за уточнение теории Урана, чтобы выявить не объяснимые влиянием известных тел остаточные возмущения в его движении и найти элементы орбиты нового возмущающего тела. Его поиски по указанию теоретиков готовы были начать и состоятельные астрономы-любители, располагавшие большими рефлекторами (и, по существу, становившиеся специалистами). Таким был англичанин Т. Хассей, убежденный в успехе уже в 1834 г. Но его энтузиазм охладил директор Гринвичской обсерватории Дж.Б. Эри, считавший задачу неразрешимой без накопления новых наблюдений Урана в течение нескольких (!) его полных оборотов (период которых составляет 84 года)...

ДВА ИМЕНИ НА ОДНОЙ ОРБИТЕ

Загадка Урана заинтересовала Дж.К. Адамса, как уже говорилось, еще в студенческие годы. В 1843 г., окончив колледж Кембриджского университета с первой премией по математике и получив ученую степень, он целиком погрузился в вычисления. Решая поставленную задачу методом последовательных приближений, Адамс сначала провел все вычисления по 20 наблюдениям Урана за 1780–1840 гг., а затем, получив в свое распоряжение результаты наблюдений на Гринвичской обсерватории за 1750–1830 гг., повторил всю огромную работу заново. Чтобы в какой-то степени пред-

ставить эти трудности и оценить выдающийся математический талант Адамса, достаточно напомнить, что эта работа была связана с составлением и решением десятков систем, каждая более чем из десяти уравнений; немногим меньше было и число неизвестных. (Позднее при аналогичных вычислениях У. Леверье решил 40 систем из 18 уравнений.) После двух лет напряженного труда, в сентябре 1845 г. Адамс сообщил Дж. Чэллису величину массы и необходимые элементы орбиты новой планеты за Ураном, а также ее координаты на небесной сфере на 30 сентября 1845 г. Адамс попросил довести эти данные до сведения Дж.Б. Эри, которому и сам написал письмо, а затем отправился в Гринвичскую обсерваторию и передал туда свою работу. Оставалось сделать последний шаг – посмотреть в телескоп на указанное место неба и поискать планету. Однако цепь неблагоприятных обстоятельств помешала этому, прежде всего недоверие королевского астронома к безымянному юноше, взявшемуся за столь сложную задачу. В течение девяти месяцев работа Дж.К. Адамса лежала без движения, оставаясь неизвестной. Никаких предварительных расчетов сам Адамс также не опубликовал.

Между тем в 1845 г. к решению проблемы заурановой планеты по настоятельному совету директора Парижской обсерватории Д.Ф.Ж. Араго (1786–1853; Земля и Вселенная, 1989, № 4) вплотную приступил 34-летний Урбен Леверье. К этому времени он уже был автором многих работ, завоевавшим высокий авторитет своими исследованиями вековых изменений в движении больших планет Юпитера и Сатурна. Продолжив дело основателя современной небесной механики П.С. Лапласа, он выполнил еще более строгий анализ одной из наиболее актуальных и в XIX в. проблем и дополнительно обосновал в 1839 г. устойчивость Солнечной системы. Он уже отчасти поучаствовал и в обсуждении проблемы Урана, показав



Возмущающие действия Нептуна на Уран. Из книги А. Паннекука "История астрономии" (М.: Наука, 1966, с. 395).

несостоятельность всех гипотез, кроме последней (о заурановой планете). Но, видимо, занятый другими обязанностями (с 1837 г. У. Леверье преподавал астрономию в Политехнической школе Парижа), он не сразу проникся важностью проблемы, а может быть и не решился взяться за нее в те годы. Теперь же настойчивый совет Араго, отличавшегося к тому же острым чутьем на все новое, возымел свое действие, и на его

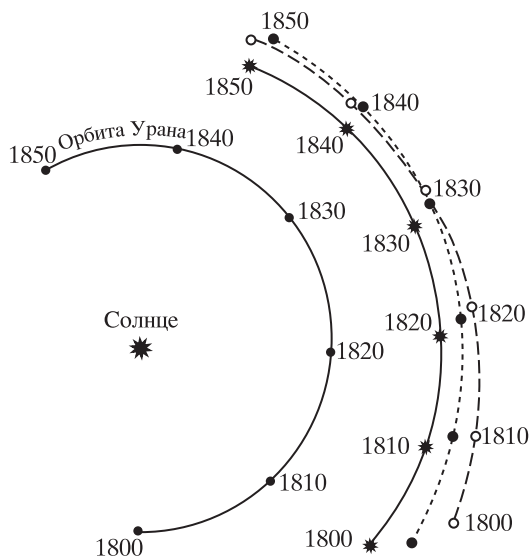
предложение Леверье откликнулся с энтузиазмом.

Менее чем через год, 10 сентября 1845 г., появился его первый труд, где была опубликована новая теория возмущенного движения Урана. За ним последовал второй (1 июня 1846 г.), а вскоре, 31 августа, и третий. В последних двух уже сообщались масса, элементы орбиты и координаты новой планеты. В то время как в Англии Дж.Б. Эри, узнав о работе У. Леверье (от 1 июня), продолжал выяснять некоторые дополнительные мелкие вопросы, а Дж. Чэллис, которому, наконец, поручили поиски новой планеты, начал кропотливую предварительную работу

по составлению точной звездной карты указанной области неба (для чего ему пришлось заново измерить положения 3 тыс. звезд!) во Франции события разворачивались стремительно и деловито. Завершив свои вычисления и учитывая ограниченные возможности французских наблюдателей, У. Леверье 18 сентября 1846 г. направил в Берлин, где регулярно выпускались самые точные карты звезд до десятой величины, уже упомянутое письмо. Получив его 23 сентября, И. Галле в тот же вечер нашел новую планету.

Англичане поздно поняли свой промах. В ноябре 1846 г. Дж.Б. Эри спешно выступил с сообщением о более ранних результатах Дж.К. Адамса (опубликование которых, однако, затянулось до 1850 г.). После горячих споров двух стран о приоритете ученый мир оценил величайшие заслуги обоих астрономов, признав за Дж.К. Адамсом первенство в математическом решении задачи, а за У. Леверье — неоспоримую заслугу в деле окончательного вычисления орбиты новой планеты и энергичного доведения дела до наблюдательных поисков и обнаружения ее. Все внешние проявления благодарности человечества (награды, дипломы, почести от академий и даже королей) пришлось на долю У. Леверье.

Как показали дальнейшие исследования, расчетные данные об орбите будущего Нептуна у обоих ученых были удивительно близки друг к другу, но при этом... заметно отклонялись от истинной орбиты искомой планеты. Они оба опирались на известное правило Тициуса — Боде о распределении расстояний планет (действенность его проявилась уже при обнаружении первых астероидов) и полагали расстояние нового тела и его период несколько большими, чем оказалось на деле (около 38 а.е. и свыше 200 лет соответственно). Так что само открытие планеты было отчасти делом счастливого случая: в первой половине XIX в. части орбит Урана и Нептуна оказались

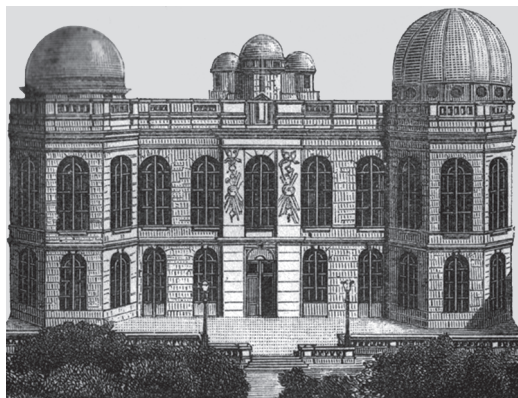


Сравнение фрагментов орбиты Нептуна: истинной (сплошная линия) и теоретически вычисленных Дж. Адамсом (штриховая линия) и У. Леверье (пунктирная). Из книги Е.А. Гребеникова, Ю.А. Рябова "Поиски и открытия планет" (М.: Физматлит, 1984, с. 148).

ближе друг к другу и возмущения в этот период были заметнее. Да и положение новой планеты в полутора диаметрах Луны от расчетного места легко можно было пропустить, не будь под рукой у И. Галле точной звездной карты, в которой поэтому и обнаружилась лишняя звездочка! (Составлявший сам точную карту Дж. Чэллис уже после открытия Нептуна, убедился, к своему огорчению, что два-три раза и он измерил положение "звездочки", оказавшейся как раз Нептуном!) Но, так или иначе, напористость и правильный, деловой выбор пути поисков — обращение к берлинским астрономам (за что некоторые упрекали У. Леверье, лишившего якобы такой чести своих земляков!) — увенчались полным успехом.

В 1846 г. У. Леверье возглавил кафедру небесной механики в Парижском университете, а в 1854 г. (после кончины Ф. Араго) – Парижскую обсерваторию. Всю остальную жизнь он посвятил главным образом уточнению теории движения больших планет Солнечной системы. К этой теме, которой некогда начиналась его научная деятельность, он вновь возвращается в 1849 г. под влиянием открытия Нептуна. Это открытие не было в творчестве У. Леверье единичным (хотя и огромным) научным достижением. Оно послужило для него сигналом к составлению и выполнению обширной программы новых исследований. Более того, он правильно предвидел возможность и в будущем открывать еще не известные планеты подобным образом. В результате многолетней работы (в общей сложности она заняла почти 30 лет) Леверье осуществил первую капитальную ревизию теории движения тел нашей планетной системы. Его таблицы движения Солнца (отражающие орбитальное движение Земли), а также больших планет до сих пор используются (наряду с более поздними таблицами С. Ньюкома) в Парижском Бюро Долгот (ныне это Институт небесной механики) при составлении астрономических ежегодников.

Дальнейшее изучение движения планет привело У. Леверье к одному из интереснейших и загадочных открытий в науке XIX в. Исследуя с 1843 г. движение Меркурия, он к 1859 г. окончательно убедился, что не все возмущения его орбиты объясняются влиянием известных тел Солнечной системы. Леверье установил, что скорость, с которой перигелий орбиты Меркурия обращается вокруг Солнца (в согласии с теорией возмущений), в действительности несколько больше теоретической (за 100 лет он повернулся, по тогдашним измерениям, на $565''$ вместо расчетных $527''$, так что добавочная ско-



Парижская обсерватория в XIX в. Из книги К. Фламариона "Популярная астрономия" (Париж, 1881).

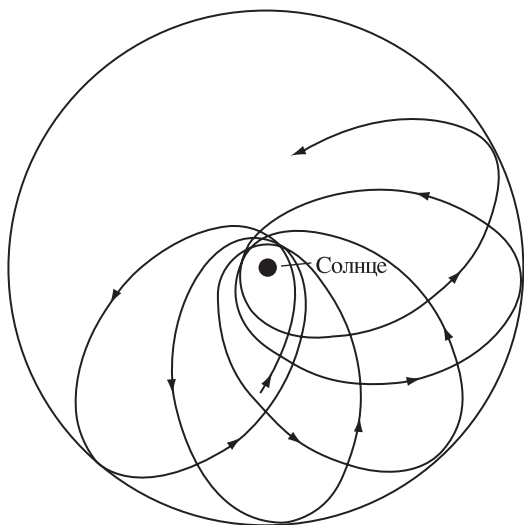
рость оказывалась равной $38''$ в столетие, современное определение ее – $43''$). Для объяснения этого эффекта Леверье предложил идею существования "интрамеркуриальной", ближе Меркурия, планеты, назвав ее "Вулкан". Эффект получил новое объяснение в первой четверти XX в. Он оказался одним из основных следствий новой, более общей, чем у Ньютона, теории тяготения – Общей теории относительности Эйнштейна. (Последние поиски "Вулкана", тем не менее продолжавшиеся, но безуспешные, были предприняты во время солнечного затмения 1936 г.)

У. Леверье на протяжении своей жизни занимался также теорией движения комет, метеорных потоков. Его интересовала проблема происхождения малых планет – астероидов, которых тогда уже весьма много было открыто в виде роя малых тел, обращающихся вокруг Солнца между Марсом и Юпитером. Он указал, что на расстоянии от Солнца, совпадающем с нижней границей пояса астероидов, тело сравнительно малой массы под действием Юпитера должно испытывать при некоторых условиях особенно большие возмущения. Тогда не исключено,

что такое тело, изменив орбиту, может пройти близко от массивного Юпитера и быть разорванным действием его мощной приливной силы. Это как будто подтверждало возможность происхождения астероидов в результате разрушения одной большой гипотетической планеты (известной как “планета Ольберса”, который и высказал эту идею после открытия первых астероидов в начале XIX в.). В настоящее время большинство астрономов не разделяет подобных взглядов¹.

Результаты У. Лаверье по уточнению теории движения планет Солнечной системы заняли десять объемистых томов “Анналов Парижской обсерватории” (1855–1877). Ему же принадлежит следующее после Бесселя уточнение звездного каталога Бадделя.

В историю науки У. Лаверье вошел не только как астроном-теоретик. На посту директора Парижской обсерватории он стал одним из организаторов важнейшего физического эксперимента – нового измерения в 1862 г. скорости света, проведенного Ж.Б.Л. Фуко (1819–1868). У. Лаверье первым понял необходимость широкой метеорологической информационной телеграфной службы и пытался провести ее в жизнь, сделав главным центром Службы погоды Парижскую обсерваторию. Прогрессивной была его организационная деятельность в обсерватории, где он – целиком отдававшийся научной деятельности – жесткой рукой наводил строжайшую дисциплину. Здесь произошла драматическая и знаменательная

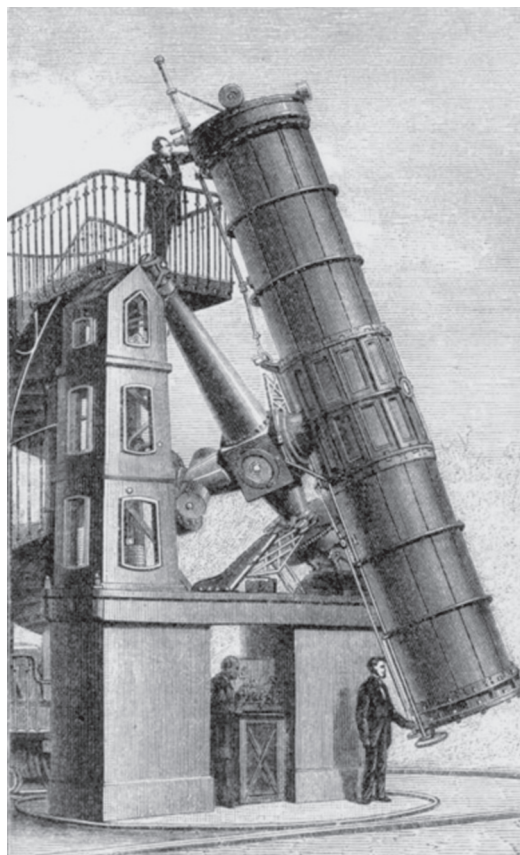


Движение перигелия Меркурия. Из книги Ф. Гернека “Альберт Эйнштейн” (М.: Прогресс, 1966, с. 133).

история. Лаверье в сердцах несправедливо уволил молодого сотрудника К. Фламариона (которого незадолго перед тем принял, убедившись в его познаниях и уме). Будущий знаменитый популяризатор астрономии Фламарион (1842–1925; Земля и Вселенная, 1967, № 2; 1992, № 1) в свою очередь добился ухода в 1870 г. и самого Лаверье. Но возвратившись на тот же пост в 1872 г., Лаверье проявил благородство. По его приглашению в обсерваторию возвратился и К. Фламарион, тогда уже не только известный популяризатор, но и исследователь, а также организатор массовых исследований двойных звезд (он оставался сотрудником обсерватории до 1882 г.).

У. Лаверье сыграл решающую роль в обновлении Парижской обсерватории и оснащении ее новыми крупными инструментами. Установленный здесь в 1875 г. рефлектор со стеклянным зеркалом в 1,2 м и трубой в 7,3 м по величине объектива был равен 40-футовому гершелеву и уступал только гиганту

¹ Новый ответ на вопрос о происхождении астероидов и вообще мелкодисперсной составляющей Солнечной системы предлагает современная теория Реликтового резервуара кометных тел Солнечной системы, предложенная и развитая московским астрономом Ф.А. Цициным (1931–2005) с сотрудниками и изложенная в его монографии “Очерки современной космогонии Солнечной системы. Истоки. Проблемы. Горизонты” (2009).



Большой телескоп-рефлектор Парижской обсерватории, установленный в 1875 г. Из книги С. Ньюкомба, Р. Энгельмана "Астрономия в общепонятном изложении" (СПб.: Кл. Риккера, 1896, с. 122).

Вильяма Парсонса (графа Росса лорда Оксмантауна, рефлектор которого имел диаметр 1,8 м и длину трубы 17 м). К тому же это был первый боль-

шой рефлектор на совершенно новой монтажке. У. Леверье руководил обсерваторией до конца жизни.

НАГРАДЫ И ПАМЯТЬ

Научные заслуги У. Леверье были отмечены избранием его в члены Парижской академии наук (1846), Лондонского королевского общества (1847), в члены-корреспонденты Санкт-Петербургской АН (1848). Он был награжден золотой медалью им. Копли от Лондонского королевского общества (1846) и дважды – золотой медалью от Лондонского королевского астрономического общества (1868, 1876).

В 1847 г. Дж.К. Адамс и У. Леверье впервые встретились. Соперничество в науке (обернувшееся несправедливостью для Адамса) не помешало им стать друзьями. Поздравляя своего коллегу в 1876 г., благородный и скромный Дж.К. Адамс, перечислив заслуги У.Ж.Ж. Леверье, даже не упомянул себя в связи с открытием Нептуна.

Научную работу Леверье вел до последних дней, подписав в печать свой труд по теории внешних планет всего за три недели до кончины. У. Ж.Ж. Леверье умер 23 сентября 1877 г. в Париже (в этот же день 31 год назад был открыт Нептун). Имя ученого увековечено в наименованиях кратеров на видимой стороне Луны и на Марсе.

*А.И. ЕРЕМЕЕВА,
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ*

Владимир Вячеславович Радзиевский

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

В 2011 г. исполнилось 100 лет со дня рождения известного российского астронома, заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора физико-математических наук, профессора **Владимира Вячеславовича Радзиевского**. Он внес значительный вклад в решение вопросов небесной механики, метеорной и кометной астрономии, астрофизики и звездной астрономии, физической природы гравитации, космогонии Солнечной системы.

В.В. Радзиевский родился 30 июня 1911 г. в Санкт-Петербурге. В 1931 г. поступил в Ленинградский горный институт, а в 1934 г. перевелся на физико-математический факультет Ивановского пединститута. После его окончания работал директором средней школы в Алтайском крае, в 1938 г. начал работать на кафедре физики Ярославского пединститута, одновременно учился в аспирантуре ГАИШ МГУ. В 1942 г. был мобилизован в армию и направлен на учебу в Ленинградское военно-инженерное училище (во время войны оно располагалось в Костроме). После окончания электромеханического отделения техники особой секретности преподавал в училище курс радиотехники. В 1945 г. Владимир Вячеславович вернулся в Ярославский пединститут, и его дальнейшая жизнь была связана с двумя крупнейшими педагогическими вузами России – Ярославским и Нижегородским.

В конце 1940-х гг. областью научных интересов молодого астронома В.В. Радзиевского стала космогоническая концепция академика



*Владимир Вячеславович Радзиевский
(1911–2003).*

О.Ю. Шмидта о происхождении Земли и планет Солнечной системы (Земля и Вселенная, 2002, № 2). Академик О.Ю. Шмидт оказал заметное влияние на формирование Владимира Вячеславовича как ученого. В своих воспоминаниях В.В. Радзиевский пишет: «Космогоническая гипотеза О.Ю. Шмидта в ее первом изложении была встречена специалистами довольно прохлад-



В.В. Радзиевский у телескопа. 1960-е гг.

но. Она была не свободна от ряда недоработок и трудностей. В частности, оставался неясным механизм захвата Солнцем пылевого облака, из которого впоследствии сформировались планеты. Занимаясь вопросом светового давления, я обратил внимание на одну из возможностей такого захвата, обусловленного неконсервативностью фотогравитационного поля... Написав об этом Отто Юльевичу, я, откровенно говоря, не слишком надеялся получить ответ этого прославленного и бесконечно занятого человека... Но ответ пришел, и началась оживленная переписка. Письма О.Ю. Шмидта к Владимиру Вячеславовичу (их известно 13) опубликованы в альманахе «Историко-астрономические исследования» (выпуск XII. М.: Наука, 1975). Под влияни-

ем этой переписки и участия в работе космогонического семинара в Институте геофизики АН СССР, руководимом О.Ю. Шмидтом, В.В. Радзиевский опубликовал ряд работ в «Докладах АН СССР», посвященных проблемам фотогравитационной небесной механики. Результаты этих исследований легли в основу кандидатской диссертации «О влиянии гравитационного поля галактического ядра на лучевые скорости звезд и о систематических движениях В-звезд», которую В.В. Радзиевский успешно защитил в 1948 г.

В феврале 1941 г. при участии В.В. Радзиевского в Ярославле создается отделение Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ЯроВАГО), а 7 ноября 1948 г. по его инициативе в Ярославле был открыт планетарий, председателем Научно-методического совета которого он оставался до отъезда в Нижний Новгород. Его яркие,

удивительно насыщенные научными фактами, притом доступные для понимания лекции, неизменно привлекали огромное количество слушателей. А когда в 1961 г. в Планетарии появился передвижной аппарат, Владимир Вячеславович объехал с ним многие районы Ярославской области.

В 1955 г. в Физическом институте им. П.Н. Лебедева АН СССР В.В. Радзиевский защитил докторскую диссертацию *“Небесная механика излучающих тел. Проблемы фотогравитационной небесной механики”*.

В 1958–1965 гг. профессор В.В. Радзиевский возглавляет кафедру теоретической физики и астрономии Ярославского пединститута, в 1959 г. его назначают на должность проректора по научно-исследовательской работе Института. В 1965 г. в этом же качестве он переходит на работу в Горьковский пединститут (ныне Нижегородский), где до 1983 г. заведует кафедрой астрономии, после чего остается профессором этой кафедры вплоть до 1995 г.

Свою увлеченность наукой Владимир Вячеславович передавал студентам. Прекрасный лектор с тонким чувством юмора, оратор, обладавший красивым голосом, он интересно и доходчиво излагал сложные вопросы науки. На лекциях Владимира Вячеславовича всегда присутствовал весь курс, а иногда и студенты других факультетов. На занятия астрономического кружка, созданного в 1953 г. на физико-математическом факультете Ярославского пединститута, приходило более 100 человек!

В.В. Радзиевский был талантливым популяризатором астрономических знаний. Прочитав его статью *“Новое в учении о происхождении и развитии Солнечной системы”*, опубликованную в ярославском *“Блокноте агитатора”* (1952, № 9), О.Ю. Шмидт написал ему: *“Благодарю Вас за присылку отписок, Ваша агитационная брошюра просто прелесть, лучше, чем что-либо, написанное на ту же тему”*.

В 1959 г. при участии Владимира Вячеславовича в Ярославском пединституте создается станция № 1087 по на-

блюдению искусственных спутников Земли, действовавшая до 1975 г., в работе которой принимали активное участие студенты и школьники старших классов.

В 1963 г. открывается учебная обсерватория Ярославского пединститута, строительство которой было начато по инициативе В.В. Радзиевского.

Являясь председателем Комиссии по астрономии Министерства просвещения СССР, заместителем Председателя по подготовке астрономических кадров при АН СССР, вице-президентом ВАГО, В.В. Радзиевский внес большой вклад в совершенствование астрономического образования в России. По его инициативе на протяжении 1960–1980-х гг. в ряде педагогических институтов страны были созданы отделения с астрономической специализацией, которые, увы, не нужны более, так как курс астрономии изъят из школьных программ. В.В. Радзиевский принял участие в составлении программ и методических пособий для средних и высших школ. Он опубликовал научно-методические статьи *“Принципы построения программы по астрономии”*, *“О состоянии и задачах астрономической подготовки”*, множество статей и заметок по проблемам астрономического образования и методике преподавания астрономии в школе. В течение 40 лет В.В. Радзиевский входил в редколлегии журнала *“Земля и Вселенная”* и *“Астрономического ежегодника”*.

Владимир Вячеславович создал свою научную школу. Среди его аспирантов – кандидат физико-математических наук, доцент А.В. Артемьев, возглавлявший в 1972–1979 гг. физический факультет Горьковского пединститута, в 1989–1996 гг. – кафедру астрономии там же; кандидат физико-математических наук, доцент С.М. Пономарёв, заведующий кафедрой астрономии и истории естествознания Нижегородского пединститута; профессор кафедры теоретической физики Владимирского педагогического университета Е.П. Разбитная; доцент Рыбинского авиационно-технологического института В.В. Шувалов; ректор



В.В. Радзиевский со студентами. 1980-е гг.

Вологодского педагогического университета профессор В.П. Томанов.

Вся жизнь В.В. Радзиевского – великолепный образец беззаветного служения науке. Владимир Вячеславович как ученый отличался удивительной широтой круга своих научных интересов. Как педагог и организатор науки он оставил немало учеников-последователей и сформировал несколько научных коллективов в Ярославле и Нижнем Новгороде. Активная научная деятельность Владимира Вячеславовича выразилась и в солидном творческом наследии – более 230 научных трудов и монографий, научно-методических изданий, популяризаторских статей и выступлений. Центр по подготовке космонавтов наградил его за

один из трудов, посвященных проблеме использования солнечного паруса, дипломом им. Ю.А. Гагарина и медалью академика С.П. Королёва. Последняя монография В.В. Радзиевского, “Фотогравитационная небесная механика”, вышла в свет в Нижнем Новгороде уже после его кончины 4 января 2003 г.

За заслуги в области небесной механики, космогонии и происхождения комет Всемирный центр по малым планетам присвоил астероиду № 3923 (1976SN3) имя “Radzievskiy”. Владимир Вячеславович награжден шестью правительственными наградами.

Светлую память об ученом, учителе на долгие годы сохраняют его ученики и коллеги.

*И.А. СТАМЕЙКИНА
С.Ф. МАСЛЕНИЦЫН,
Ярославский планетарий*

Фото из архива Ярославского планетария

Памяти Константина Алексеевича Порцевского

Константин Алексеевич Порцевский – человек удивительной судьбы. Прошедший войну и плен, он приобрел очень сильный характер, не утратил веру в людей, сохранил оптимизм. При всей сложности времени и обстоятельств К.А. Порцевский прожил очень интересную и яркую жизнь.

Константин Алексеевич родился 4 сентября 1922 г. в г. Трубчевске Гомельской губернии (ныне Брянская область). Отец работал лесничим, мать – учительницей. С детства Костя увлекался астрономией, прочитал много литературы. В 1939 г. он окончил среднюю школу. В июле 1941 г. был призван в действующую армию. В боях под Харьковом в 1942 г. попал в окружение и оказался в плену. В 1943 г. организовал побег и с 8-ю товарищами бежал из плена в партизанский отряд им. Котовского, где продолжал воевать с фашистами. В мае 1944 г. партизанские соединения расформировали, К.А. Порцевский попал в 236-й армейский запасной полк, ему присвоили звание старшего сержанта. Константин Алексеевич воевал в действующих частях командиром взвода автоматчиков, дошел до Берлина. В октябре 1945 г. демобилизовался и вскоре поступил в Московский государственный университет.

В 1950 г. К.А. Порцевский окончил астрономическое отделение физического факультета МГУ. Молодой специалист пришел работать экскурсоводом на астрономическую площадку Московского планетария. Вскоре Константин Алексеевич начал читать лекции в Звездном зале. Он оказал-



Константин Алексеевич Порцевский (1922–2011).

ся очень талантливым лектором, обладающим широчайшим кругозором и поистине энциклопедическими знаниями. Его лекции отличались большим мастерством и артистизмом, всегда проходившие на высоком научном и методическом уровне, они служили примером для начинающих лекторов. Талант Константина Алексеевича как

популяризатора, умеющего рассказать просто, интересно и доступно о сложном и непонятном, сумел проявиться не только в лекциях, но и в статьях и книгах по астрономии. К.А. Порцевский вел большую работу в астрономических кружках Московского планетария, которые посещали ребята, увлеченные наукой о звездах. Позже, будучи заместителем директора по науке, Константин Алексеевич не оставлял своих учеников, проводил теоретические занятия и наблюдения, следил за их успехами.

В 1960 г. в Московский планетарий пришли будущие космонавты, среди них был и Юрий Гагарин. К.А. Порцевский в Звездном зале проводил занятия по астронавигации с первым отрядом космонавтов. Ему выпала огромная честь обучать будущих космонавтов астрономии, умению в сложных ситуациях находить навигационные звезды и ориентироваться по ним. Регулярные занятия в Московском планетарии проводились до тех пор, пока в Звездном городке не построили свой планетарий. Летчик-космонавт А.А. Леонов сказал, что путь на Байконур начинался в Московском планетарии, подчеркнув его большую роль в подготовке космонавтов к полетам.

В феврале 1972 г. Константина Алексеевича назначают директором Московского планетария, благодаря ему и другим подвижникам-лекторам Планетарий выходит на международный уровень. Тогда в нем работали астрономические кружки, а К.А. Порцевский был одним из их руководителей. Многие сотрудники ГАИШ МГУ и других астрономических учреждений смогли выбрать свою профессию и судьбу. Именно здесь школьники приобретали первые знания по астрономии и вкус к исследовательской, а некоторые и к преподавательской работе. Трудно сказать сейчас, сколько тысяч школьников училось у Константина Алексеевича, они не стали астрономами, но на всю жизнь сохранили к ней интерес и любовь.

В 1977 г. в Звездном зале устанавливается новое оборудование – аппарат шестого поколения, первый из

семи оптических аппаратов с автоматизированной системой управления. К.А. Порцевский посещает лучшие планетарии мира, перенимает опыт и внедряет в Московском планетарии самые передовые проекционные технологии. В репертуаре Планетария появляются новые, автоматизированные аудиовизуальные программы. В этот период он становится самым посещаемым в мире – миллион посетителей в год! В 1979 г. в связи с 50-летием Московский планетарий награждается орденом Трудового Красного Знамени, а Константину Алексеевичу присваивается звание Заслуженного работника культуры Российской Федерации. В 1987 г. в Московском планетарии с большим успехом проходит IX Международный конгресс директоров планетариев. С именем К.А. Порцевского связаны самые лучшие годы в работе Планетария – время его расцвета.

Еще один планетарий, в создании и развитии которого невозможно переоценить роль Константина Алексеевича, – планетарий его родного г. Трубчевска. Совсем скоро в нем открывается выставка “Звездный человек мира – Константин Алексеевич Порцевский”.

Умер К.А. Порцевский 26 марта 2011 г. в Москве. Всего 2,5 месяца К.А. Порцевский не дожидаясь торжественного открытия Московского планетария и не увидев, каким прекрасным стал наш главный звездный дом. В этот долгожданный день собравшиеся не могли не вспомнить Константина Алексеевича Порцевского – одного из выдающихся директоров Московского планетария.

Личность крупного масштаба, человек большой творческой индивидуальности, он обладал магнетическим обаянием, и любое общение с ним было незабываемым. Имя Константина Алексеевича Порцевского навеки вписано в славные страницы большой истории Московского планетария. Память о нем навсегда сохранится в сердцах его друзей, коллег и многочисленных учеников.

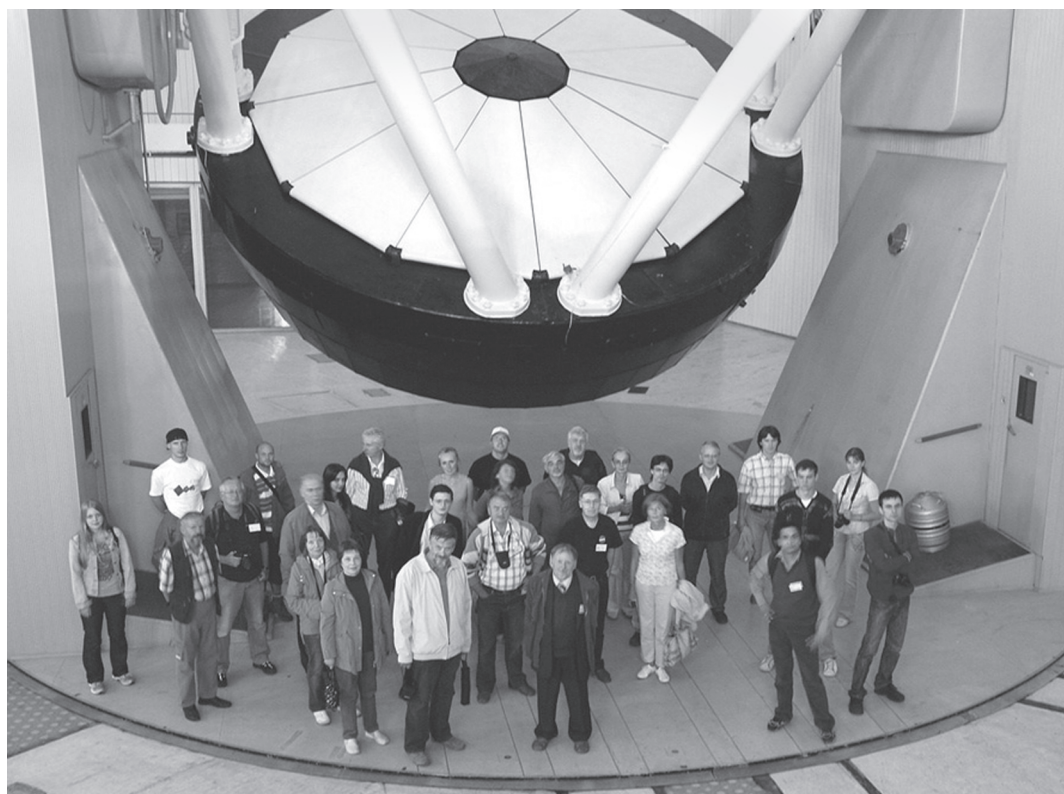
“Магнитные звезды”

С 26 августа по 1 сентября 2010 г. в **Специальной астрофизической обсерватории РАН** (поселок Нижний Архыз, Карачаево-Черкесия) прошла представительная Международная конференция “**Магнитные звезды**”. Специальная астрофизическая обсерватория – один из мировых центров изучения

звездного магнетизма, где уже более 30 лет на 6-м телескопе БТА отечественные и зарубежные ученые наблюдают магнитные поля звезд разных типов. Полученные данные внесли ощутимый вклад в понимание физики процессов, происходящих в атмосферах звезд с сильными магнитными полями.

В результате выполнения специальных поисковых задач список звезд с измеренными магнитными полями был увеличен более чем на треть. Отметим, что аппаратура

Группа участников Конференции во время экскурсии на 6-м телескопе БТА в САО РАН. Фото В.П. Романенко.



для исследований звездного магнетизма на БТА разработана и внедрена специалистами CAO РАН под руководством доктора физико-математических наук **Ю.В. Глаголевского**.

Начиная с 1980 г. наша обсерватория регулярно, каждые 3–5 лет, проводит международные конференции по проблемам звездного магнетизма. В конференциях принимают участие ученые из России, стран СНГ и дальнего зарубежья, активно ведущие наблюдения на отечественном 6-м телескопе, и астрономы, работающие на других телескопах мира (в частности, на 8-м телескопах VLT Европейской Южной Обсерватории в Чили). Ведущие специалисты и научная молодежь имеют возможность в неформальной обстановке обсудить различные экспериментальные и теоретические аспекты исследований звездного магнетизма.

Предыдущие семь конференций показали, что предложенная нами форма проведения, предусматривающая дискуссии, круглые столы, устные доклады молодых ученых, положительно воспринимается участниками. Тематика восьмой конференции была традиционной. Среди затронутых проблем – изучение магнитных полей химически пекулярных звезд и родственных им



Перед участниками Конференции выступает профессор Джон Ландстрит. Фото В.П. Романенко.

объектов, поиски новых магнитных звезд; исследование химического состава магнитных звезд, включая картирование неоднородностей в распределении химических элементов и магнитных полей на их поверхности; теоретическое моделирование процессов формирования и эволюции магнитных полей у звезд различных спектральных классов; теория распространения поляризованного излучения в неоднородных средах; создание и совершенствование приборов для исследования звездных магнитных полей.

Прошедшая конференция посвящена 50-летию начала работ в СССР над проектом создания 6-м телескопа и 70-летию выдающегося специалиста в области изучения звездного магнетиз-

ма профессора **Джона Ландстрита** (Университет Западного Онтарио, Канада). Мероприятие организовано и проведено группой “Магнитные звезды” CAO РАН при поддержке администрации обсерватории.

В научной программе Конференции представлено **8 приглашенных докладов, 25 устных и около 50 стендовых**. На Конференции выступили ведущие специалисты Германии, Индии, Канады, Мексики, Польши, России, Словакии, Украины и Чехии. Конференция открылась выступлениями об истории создания БТА и его роли в исследованиях звездного магнетизма. Затем от имени отечественных астрономов Джона Ландстрита поздравили профессор **Ю.Н. Гнедин** (ГАО РАН), кандидат физико-математических наук **Н.С. Полосухина** (КрАО), кандидат физико-математических наук **Т.А. Рыбникова** (ИНАСАН) и доктор физико-математических наук **И.И. Романюк** (CAO РАН).

Открыл научную программу профессор Д. Ландстрит. Он поблагодарил за поздравления и выступил с приглашенным докладом “Эволюция магнитных полей Ар-звезд во время их пребывания на Главной последовательности”. Докладчик рассказал о результатах

исследования магнитных полей Ар-звезд, входящих в рассеянные скопления разного возраста. Наблюдательные данные получены большой группой ученых, включая докладчика, на 8-м телескопах VLT в Европейской Южной Обсерватории (ESO). Измерения показали, что общий магнитный поток, выходящий из поверхности звезды, со временем уменьшается. Это можно рассматривать как новое важное доказательство отсутствия генерации магнитных полей во время жизни горячих звезд на Главной последовательности. Получается, что происхождение наблюдаемых магнитных полей Ар-звезд реликтовое, они образовались вместе со звездой на стадиях эволюции, предшествующих выходу на Главную последовательность.

На секции **“Наблюдения магнитных полей звезд”** заслушано два приглашенных доклада. Профессор **Г. Вэйд** (Кингстон, Канада) в своем докладе **“Проект MiMeS. Обзор и текущее состояние”** сообщил о выполненных на телескопах ESO в рамках возглавляемого им проекта MiMeS – большой программы по комплексному исследованию магнитных полей горячих массивных звезд. Впервые найдены магнитные поля величины в несколько десят-



Профессор Грэгг Вэйд (Канада) рассказывает о комплексной программе исследования магнитных полей горячих массивных звезд. Фото В.П. Романенко.

ков гауссов. В частности, поля обнаружены у очень быстрых ротаторов и звезд с большой массой. Найдено несколько десятков новых магнитных звезд среди массивных горячих ОВ-звезд. Обсуждались новые наблюдательные программы и средства для обработки данных.

В приглашенном докладе **“Первые магнитные звезды: новое вино в старой бутылке”** доктор физико-математических наук **И.И. Романюк** (CAO РАН) показал, что традиционное представление о химически пекулярных звездах как об очень стабильных объектах с замороженными атмосферами нуждается в пересмотре. Анализ новых высокоточных наблюдательных данных

позволил обнаружить такие тонкие явления, как пульсации блеска и лучевых скоростей звезд, определить вертикальную стратификацию химических элементов в их атмосферах. Удалось найти зависимость между слабыми аномалиями в распределении энергии в континууме и величиной магнитного поля. Все это свидетельствует о гораздо более сложном строении атмосфер химически пекулярных звезд, чем представлялось еще 10–15 лет назад.

Кандидат физико-математических наук **Д.О. Кудрявцев** (CAO РАН) и доктор физико-математических наук **И.И. Романюк** посвятили свой доклад проблеме вертикального



Индийский ученый С. Джоши и сотрудник САО РАН Д.О. Кудрявцев – участники Конференции. Фото Е.Ю. Куцаевой.

градиента магнитных полей звезд. Авторы установили, что у 22 магнитных CP-звезд из 23 наблюдавшихся магнитное поле в верхних слоях атмосферы ослабевает на 30% по сравнению с более глубокими слоями. Обнаруженный градиент значительно превышает дипольный, предсказанный теорией, что требует пересмотра моделей.

Аспирант **И.А. Якунин** (САО РАН) с соавторами сообщил об измерениях на БТА линейной поляризации в спектральных линиях у уникальной звезды HD 37776, обладающей рекордно сильным магнитным полем. Поляризация оказалась на порядок меньше ожидаемой. Чтобы это объяснить, необходимо создать очень сложную

модель магнитного поля звезды.

Кандидат физико-математических наук **Д.Н. Монин** (Виктория, Канада) представил результаты своих спектрополяриметрических исследований, выполненных на 1,8-м телескопе обсерватории Доминион в Канаде (проект MiMeS).

Кандидат физико-математических наук **Е.А. Семенко** с коллегами сообщил о первых результатах наблюдений двойных магнитных звезд на БТА методами спектроскопии и спекл-интерферометрии. Авторы обнаружили более 10 новых двойных и еще 10 заподозрили в двойственности. По их мнению, доля двойных систем среди магнитных

звезд такая же, как и у нормальных. Ранее считалось, что магнитные звезды в составе двойных встречаются реже.

Член-корреспондент РАН **Ю.Ю. Балега** с соавторами выступил с докладом о магнитном торможении главного компонента $\theta^1\text{Ori C}$ – молодой массивной кратной системы. Результат основан на анализе данных магнитных и спекл-интерферометрических наблюдений на БТА.

А.В. Додин (ГАИШ МГУ) с соавторами рассказал об обнаружении магнитного поля порядка 1 кГс у RW Aur – молодой звезды типа Т Тельца. Наблюдения выполнены на БТА САО РАН.

Доктор физико-математических наук **Н.Г. Бочкарёв** (ГАИШ МГУ) и кандидат физико-математических наук **Е.А. Карицкая** (ИНАСАН) с коллегами выступили с двумя докладами, посвященными обнаружению магнитного поля величины несколько десятков гаусс у рентгеновской двойной Cyg X-1 на 8-м телескопе VLT в Чили.

Кандидат физико-математических наук **Г.Г. Валявин** (Мехико, Мексика) с соавторами сообщил, что магнитное поле белого карлика WD 1953-011 имеет двухкомпонентную структуру: оно состоит из слабого крупномасштабного поля и локальных пятен

с сильными магнитными полями.

Доктор физико-математических наук **А.Ф. Холтыгин** (СПбГУ) с соавторами представил итоги работы по статистическому исследованию магнитных полей звезд разных спектральных классов и на разных этапах эволюции. Предпринята попытка описать их единой зависимостью.

На секции “**Атмосферы магнитных звезд**” заслушали приглашенный доклад кандидата физико-математических наук **Т.А. Рябчиковой** (ИНАСАН) с соавторами “*Моделирование атмосфер магнитных пекулярных звезд*”. В докладе рассмотрены современные модели атмосфер магнитных пекулярных звезд с учетом вертикальной стратификации элементов, вычисления могут проводиться по 40 элементам одновременно. Были найдены новые точные и независимые способы оценок фундаментальных параметров звезд, таких как радиус и светимость. Для двух магнитных звезд определенные авторами радиусы находятся в превосходном согласии с данными интерферометрических наблюдений.

Кратко рассмотрим устные доклады, представленные на этой секции. В сообщении доктора физико-математических наук **Л.И. Машонкиной** (ИНАСАН) рассмотрены



Кандидат физико-математических наук Т.А. Рябчикова и директор САО РАН член-корреспондент РАН Ю.Ю. Балегла обсуждают научные проблемы. Фото Е.Ю. Кучаевой.

вопросы формирования нейтральных и однократно ионизованных линий железа в атмосферах звезд А-F при условии отсутствия локального термодинамического равновесия.

Доктор **С. Джоши** (Найнитал, Индия) сообщил о результатах фотометрического и спектрального мониторинга магнитной звезды HD 103498, проведенного в Обсерватории Найнитал с высоким временным разрешением. Были найдены пульсации блеска с периодом около 15 минут.

Кандидат физико-математических наук **М.Е. Сачков** (ИНАСАН) с соавторами рассказал об исследовании пульсаций

в атмосфере Ар-звезды 33 Lib. Авторы провели их тонкий анализ и установили связь со строением атмосферы.

Кандидат физико-математических наук **Н.А. Драке** (СПбГУ) с соавторами выполнила спектральный и фотометрический анализ молодой SrCrEu звезды с сильным магнитным полем HD 158450.

Доктор **Д. Шуляк** (Гёттинген, Германия) с соавторами изучал возможность исследовать сильные магнитные поля М-карликов методами атомной и молекулярной спектроскопии. Исследованы проявления эффекта Зеемана в молекулярных линиях. Получены

результаты измерения магнитных полей нескольких М-карликов.

На секции **“Исследования спектральной и фотометрической переменности”** прозвучал приглашенный доклад доктора **З. Микулашека** (Университет г. Брно, Чехия) о магнитных звездах с нестабильным периодом вращения. Ранее многократно было показано, что во время жизни на Главной последовательности СР-звезды не испытывают магнитного торможения. В настоящее время уже найдено шесть объектов, у которых обнаружено постепенное замедление скорости вращения, либо скачкообразное изменение периода вращения. Авторы предложили различные объяснения найденного явления.

В докладе доктора **Я. Яника** (Университет г. Брно, Чехия) с соавторами представлены сведения о базе данных фотометрических измерений магнитных звезд **“mCProd”**. В настоящее время в этой базе содержится 215 тыс. фотометрических измерений для 157 магнитных звезд.

П. Зверина (Университет г. Брно, Чехия) обратил внимание на практические аспекты организации виртуальной обсерватории с использованием неоднородных или неполных фотометрических данных по магнитным звездам.



Профессор Зденек Микулашек (Чехия). Фото Й. Жижновски.

Доктор физико-математических наук **М.А. Погодин** (ГАО РАН) с соавторами изучал спектральную переменность Ве-звезды HD 152478. По их мнению, имеющиеся результаты наблюдений могут быть объяснены с помощью гипотезы о замагниченном несферическом звездном ветре, движущемся по силовым линиям поля.

Кандидат физико-математических наук **Н.А. Соколов** (ГАО РАН) на основании данных, полученных со спутника IUE, исследовал периодические вариации уровня континуума и формы спектральных линий известной магнитной звезды α^2 CVn. Получены новые сведения, уточняющие представления об этом объекте.

На секции **“Теоретические исследования**

магнитных звезд разных типов” было прочитано три приглашенных доклада. Профессор **Ю.Н. Гнедин** (ГАО РАН) дал обзор современного состояния теории генерации и переноса поляризованного излучения, исходящего из аккреционных дисков. Предложен метод, позволяющий оценить величину магнитного поля в аккреционных дисках, окружающих звезды разных типов. Поляризация возникает как результат рассеяния излучения в замагниченном диске. Вычислены величины поляризации для разных случаев.

Приглашенный доклад профессора **Д.Д. Соколова** (МГУ) был посвящен проблеме звездного и солнечного динамо. На примере исследования быстровращающейся холодной звезды с магнитными пятнами HR 1099 в деталях показано, что звездная активность может возникать, только если поле генерируется механизмом динамо.

В приглашенном докладе профессора **К. Стемпеня** (Варшавский университет, Польша) о холодных контактных двойных системах среди прочих проблем рассмотрены возможности обнаружения у них магнитных полей. Основное внимание докладчик уделил процессам перетекания вещества между компонентами. Магнитное поле в этом процессе

может играть существенную роль.

В докладе кандидата физико-математических наук **М.Ю. Пиотровича** (ГАО РАН) с соавторами приведены теоретические расчеты и сделаны оценки величин магнитных полей у звезд с сильными истечениями. Предлагаются тесты для наблюдательной поляриметрии.

Кандидат физико-математических наук **О.А. Циопа** с соавторами представил доклад о предшественнике гамма-барстера GRB 080319B.

Формат Конференции позволил собрать исследователей, занимающихся близкой тематикой. Кроме того, мы всегда стараемся приглашать как можно больше специалистов из разных стран, которые оперативно озвучивают свои новые идеи. Состоялись продуктивная научная дискуссия и обмен опытом, обсуждены актуальные задачи и результаты последних исследований звездных магнитных полей. Конференция показала высокий научный уровень работ, проводимых рос-

сийскими астрофизиками, и способствовала росту престижа отечественной науки.

Труды Конференции готовятся к публикации в виде отдельного сборника.

И.И. РОМАНЮК,
доктор физико-математических наук

Д.О. КУДРЯВЦЕВ,
кандидат физико-математических наук

Е.А. СЕМЕНКО,
кандидат физико-математических наук
САО РАН

Информация

Следы внеземной жизни в метеорите?

Астробиолог Ричард Гувер из Центра космических полетов им. Маршалла NASA в Алабаме сообщил, что, возможно, нашел окаменевшие останки внеземной бактерии. Более десяти

лет он провел в экспедициях в Сибири, Антарктиде и на Аляске, изучая метеориты. Свой вывод ученый сделал после того, как обнаружил на поверхности трех метеоритов окаменевшие нити, похожие на земные цианобактерии или гигантские бактерии *Titanospirillum velox*.

Подобные выводы были сделаны еще в 1990-х гг. при исследовании одного из

метеоритов, упавших в Антарктиду (Земля и Вселенная, 1997, № 1). Тогда мнения ученых разделились: некоторые считали такие нити кавернами, другие – результатом деятельности микроорганизмов. Сегодня к решению этого вопроса подключились ученые из разных стран.

Пресс-релиз NASA,
6 марта 2011 г.

Экзопланеты вокруг белых карликов

Вокруг белых карликов могут обращаться экзопланеты, на которых возможно зарождение жизни. Такой вывод сделали ученые, исследовав возможные условия существования планет у таких небесных объектов. В недрах белых карликов не идут реакции термоядерного синтеза, так что этот тип звезд никогда не рассматривался в качестве кандидатов на обладание потенциа-

льно обитаемыми планетами. Рассчитано, что на расстоянии 0,005–0,02 а.е. от белых карликов с температурой поверхности около 5×10^3 K может располагаться зона обитаемости, причем исходящего от светила тепла хватит, чтобы поддерживать ее существование три миллиарда лет. Так как потенциальные планеты должны находиться очень близко к звезде и сравнимы с ней по размерам, обнаружить их будет сравнительно легко.

Но большинство астро-

номов не верит, что вокруг этих звезд могут обращаться потенциально обитаемые планеты. В прошлом регион, где, возможно, есть зона обитаемости, миллионы лет находился внутри самой звезды. Экзопланеты могут попадать в зону обитаемости с более отдаленных орбит; такого рода миграции, как считается, могут происходить в планетных системах.

Интернет-сайт
“Science News”,
7 марта 2011 г.

Возможные причины инверсии магнитного поля Земли

С.С. ЦЫГАНКОВ,
президент Автономной некоммерческой организации
«Ассоциация
“Содействие защите населения”» (АНО “АСЗН”)

С.С. ЦЫГАНКОВ (II),
кандидат физико-математических наук
вице-президент АНО “АСЗН”

С.С. ЦЫГАНКОВ (III),
кандидат физико-математических наук
ИКИ РАН

Авторы попытались объяснить циклические изменения знака магнитного поля Земли в рамках единой геодинамической модели, в которой главными действующими физическими процессами являются охлаждение первоначально расплавленного тела с поверхности, его кристаллизация, идущая

с усадкой, и внутренних радиогенный разогрев, сопровождающийся увеличением объема. Это приводит к циклическому изменению (увеличению и уменьшению) радиуса Земли и созданию разности в угловых скоростях вращения внешней оболочки и ядра. Если исходить из гипотезы гидромагнитного дина-

мо, это может являться причиной генерации и изменения знака геомагнитного поля в зависимости от того, вращается мантия быстрее ядра (прямое поле) или, наоборот, создавая разнонаправленные движения зарядов. Показана связь инверсии с процессами в геосферах и биосфере.

ИНВЕРСИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Магнитное поле Земли, его напряженность, наклонение и склонение постоянно изменялись на протяжении всей ее истории. Периоды этих изменений самые различные:

минуты, сутки (суточные вариации), сотни лет (вековые вариации), вариации основного спектра (период от 300 до 20 тыс. лет). Самые сильные и глобальные изменения – инверсии магнитного поля, когда оно на протяжении геологической

истории неоднократно изменяло полярность на прямую и обратную. За последние 4.5 млн лет сменилось четыре эпохи: Брюнеса, Матуямы, Гаусса и Гильберта. Внутри них при более детальных исследованиях были обнаружены более краткие

смены полярности. Обращение земного магнитного поля обнаружено и в более древних вулканических и осадочных породах. Частота инверсий не осталась постоянной в процессе эволюции Земли. При анализе шкалы геомагнитной полярности был выявлен фактор предпочтительности: в рифее (1650–650 млн лет назад) преобладала обратная, а начиная с раннего палеозоя (геологическая эра, началась 542 млн лет назад) до настоящего времени идет увеличение доли прямой полярности поля с нарастанием частоты инверсий и уменьшением продолжительности магнитозон. Смена двух трендов, рифейского и фанерозойского (геологический зон, начавшийся 570 млн лет назад, характеризуется резким увеличением числа биологических видов), и всех характеристик геомагнитного поля произошла примерно 600 млн лет назад.

В качестве причин возникновения инверсий геомагнитного поля рассматриваются “внутренние” и “внешние” механизмы: изменение активности и неустойчивость процессов в ядре, падение астероидов, приливная эволюция системы Земля – Луна, эволюция Земли в составе Солнечной системы и даже положение Солнечной системы в Галактике и т.д.

МЕХАНИЗМ ГЕНЕРАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

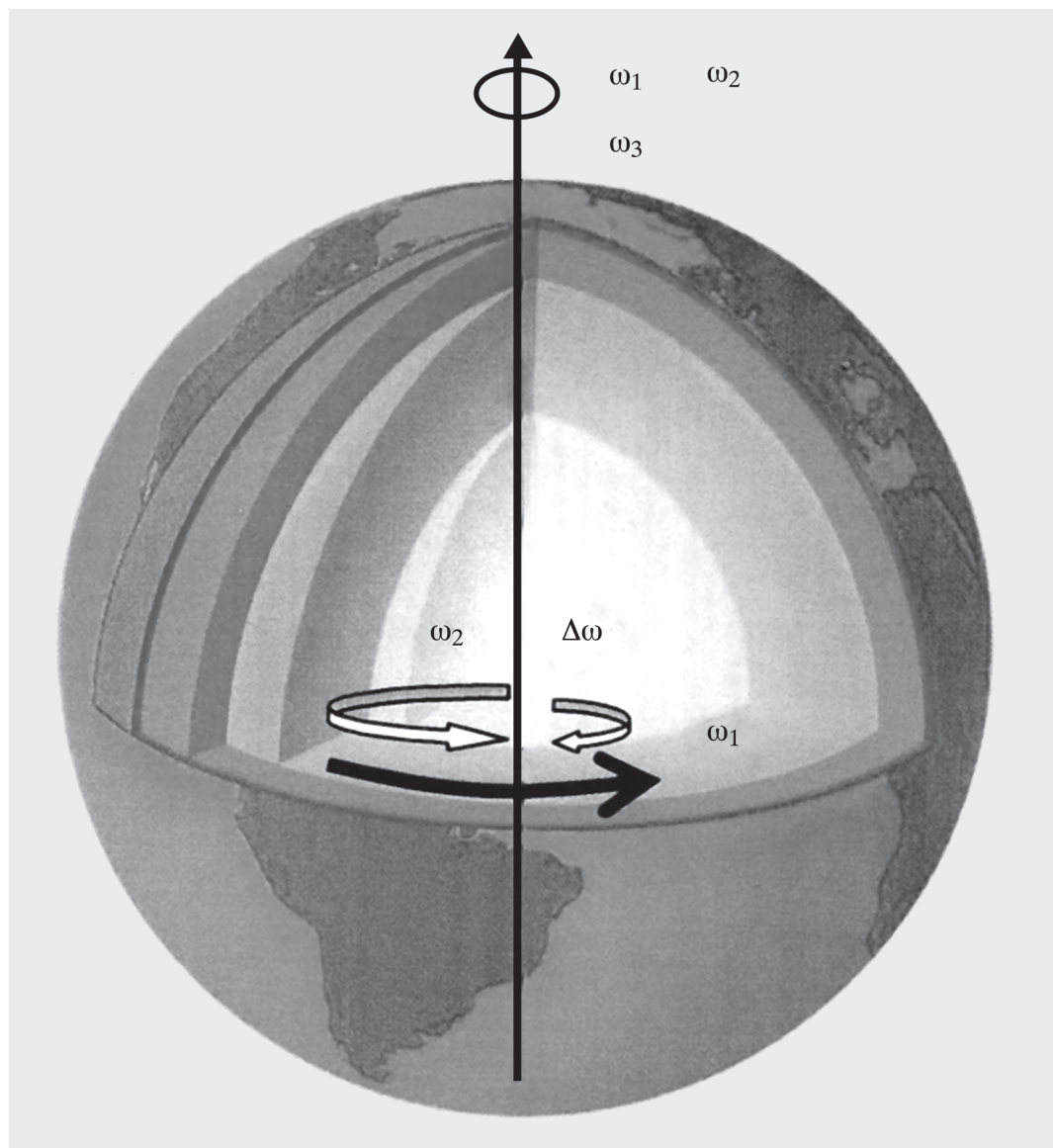
Преобладание дипольного поля, его осевой характер говорят о связи геомагнитного поля с вращением Земли. На то что вращение планет может быть одним из необходимых условий формирования их магнитного поля указывает, в частности, связь между скоростью вращения планет и величиной их магнитного момента. Для медленно вращающихся Меркурия и Венеры магнитный момент составляет примерно одну десятитысячную часть от земного, а для быстро вращающихся Юпитера и Сатурна – на несколько порядков больше. Связь величины магнитного поля со скоростью вращения планеты проявляется и в четкой корреляции между незначительными вариациями скорости вращения и вариациями ее магнитного поля. В частности, выделенные периоды в спектре вариаций геомагнитного диполя (66.7; 33.3 и 21.4 года) совпадают с периодами изменений скорости суточного вращения Земли.

Одного вращения планеты, очевидно, недостаточно для создания магнитного поля. Для этого требуется организованное движение электрических зарядов в недрах. Образование свободных зарядов на границе мантии – ядро возможно в геосферах, значительно различающихся по своим

физическим (электрическим) свойствам, а также при высоких давлениях и некоторых других условиях, присущих глубинным структурам Земли. Возникновение их вихревого движения может быть вызвано как приливными деформациями, способными создать глобальный перенос масс в недрах Земли, так и за счет потери устойчивости сдвиговых течений во вращающейся жидкости.

Другой геофизически установленный факт, ключевой для понимания механизма генерации поля, – “дрейф” картины изолиний магнитного поля Земли в западном направлении со скоростью 0.2° в год. А так как источники поля расположены во внешнем ядре, это означает длительное течение жидкости со скоростями примерно 0.1 см/с. Из этого можно сделать предположение, что механизм генерации магнитного поля связан с вращением планеты и “работает” при “провороте” жидкого проводящего ядра относительно твердой оболочки (мантии). На границе двух этих структур, значительно различающихся по своим физическим свойствам, могут образовываться электрические заряды, а их вращательное движение как раз и приводит к возникновению магнитного поля.

На рассогласованность в движении жидкого ядра и его жестких

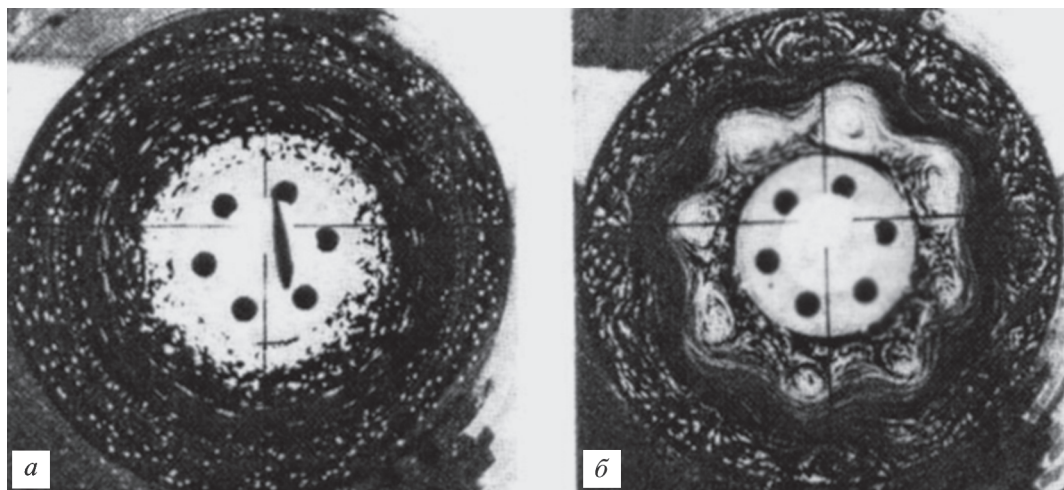


Вращение геосфер: ω_1 – угловая скорость вращения мантии, ω_2 – угловая скорость вращения внешнего ядра, ω_3 – угловая скорость вращения внутреннего ядра, $\Delta\omega$ – скорость проворота внешнего ядра относительно мантии (“западный дрейф” – около 0.2° в год).

ограничений указывают и геофизические данные. Вращение внешнего ядра при большом изменении физико-механических свойств вещества от мантии до внут-

реннего ядра и разница в скоростях вращения на твердых границах может приводить к его “расслоению” – образованию помимо основного проворота приграничных слоев

и созданию в них условий для возникновения вторичных вихревых движений. При этом возникает два типа источников генерации магнитного поля разного объема и, соот-



ветственно, мощности – основное и приграничные динамо. Для совместности движения жидкости на границах направления вращения в них должны быть противоположными. Соответственно, они будут создавать магнитные поля разных знаков, а суммарная величина индуцированного ими магнитного поля станет определяться средней скоростью вращения ядра $\Delta\omega$ (образно говоря, “ротора”) относительно внешней оболочки Земли (“статора”). При выравнивании скоростей $\Delta\omega \rightarrow 0$ за счет вязкого трения по границе мантия – ядро вращательные движения будут затухать, поле – распадаться и напряженность – резко уменьшаться.

По мере уменьшения напряженности основного диполя, в связи с уменьшением скорости проворота, она может сравняться с напряженностью полей, генерируемых в приграничных

областях. Из-за разности их знака может начаться процесс “мигания” поля (резкой смены знака). Это согласуется с тем фактом, что по мере уменьшения магнитного момента в начале инверсии наблюдается увеличение числа коротких резких флюктуаций направления магнитного поля (экскурсы), которые, согласно предположению, генерируются в приповерхностном слое и становятся заметными на фоне слабого основного динамо.

Процесс зарождения магнитного поля обратной направленности будет связан с изменением знака относительной скорости вращения ядра и мантии и с образованием основной и приграничных систем с другим направлением течения проводящего вещества. Каков же физический механизм, производящий такие “переброски” момента количества движения внутри тела планеты?

Результаты моделирования возникновения вихревых движений: трековые фотографии докритического (а) и закритического течения вращающейся жидкости (б); помимо основного проворота видно возникновение регулярной вихревой картины.

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМЛИ

Анализ геодинамических процессов, их энергетики показывает, что в основе эволюции Земли лежит два основных физических фактора: внешнее охлаждение с поверхности и внутренний разогрев. Если принять, что в начальный период Земля была расплавлена, то фазовый переход жидкость – твердое тело, идущий с усадкой, и внутренний разогрев, идущий с увеличением объема, – это и есть те два основных физических процесса, которые постоянно циклически изменяли ее радиус и,

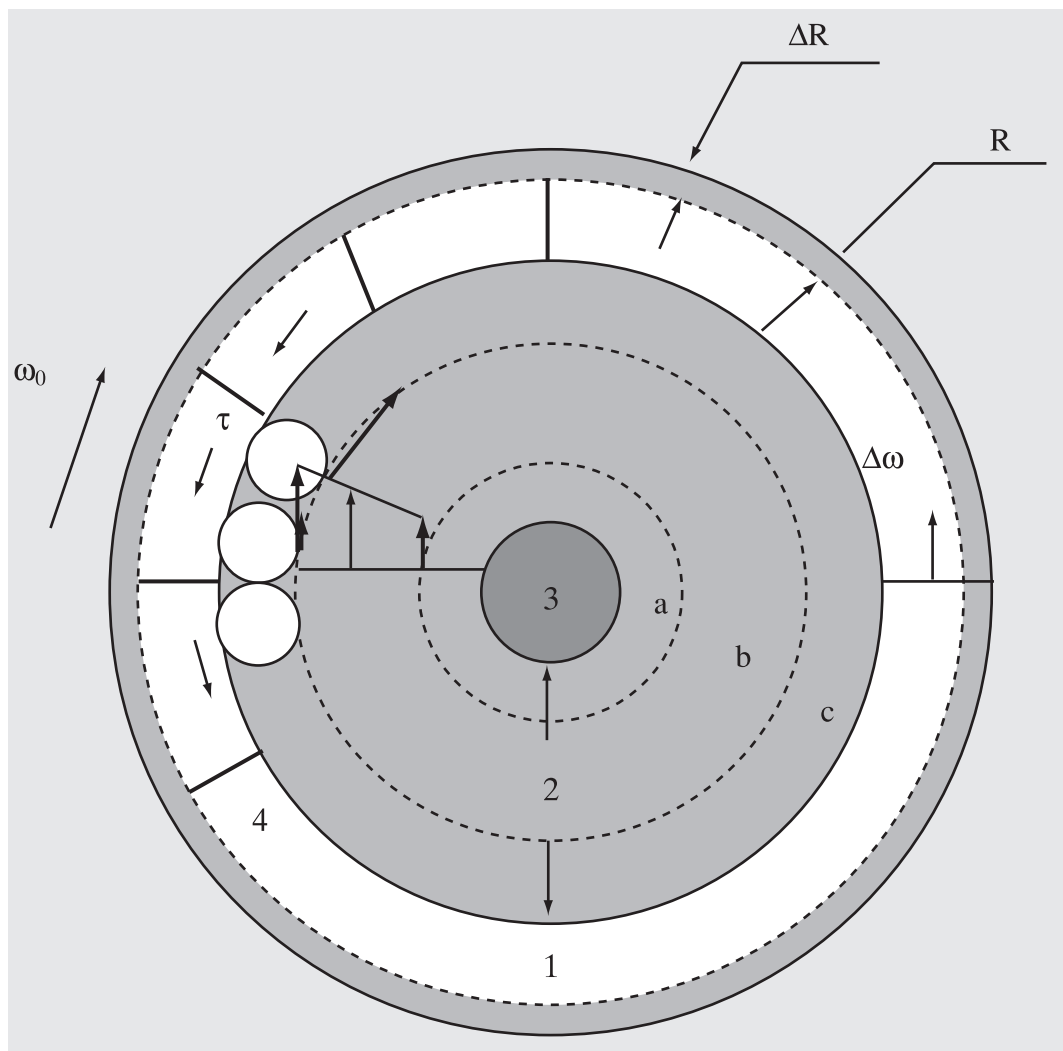


Схема изменения скорости вращения мантии и ядра на фазе расширения внутреннего вещества: 1 – твердая оболочка; 2 – внешнее ядро (a, c – приграничные области с вихревым движением вещества; b – основной проворот жидкого субстрата); 3 – внутреннее ядро; 4 – разломы; R – начальный радиус Земли; ω_0 – начальная скорость вращения всей планеты; ΔR – увеличение радиуса планеты за счет излившегося внутреннего вещества; $\Delta\omega$ – относительная скорость вращения твердой оболочки по отношению к жидкому ядру; τ – сила вязкого трения; R_1 – радиус внешнего ядра; R_2 – радиус внутреннего ядра.

соответственно, геометрические и инерционные характеристики внешней и внутренних оболочек Земли.

Суммарное уменьшение радиуса Земли в про-

цессе движения фронта кристаллизации до глубины 2900 км (толщина твердой оболочки на сегодняшний момент) составляет примерно 60 км. Со временем примерно

на столько же должно происходить увеличение объема в процессе внутреннего разогрева за счет радиогенного тепла. Однако из этого не следует, что радиус на-

шей планеты все время оставался постоянным. Образование в процессе кристаллизации твердых внешних оболочек приводит к изменению термодинамического режима Земли: чередованию превалирования охлаждения и разогревания и, соответственно, процессов сжатия (при усадке) и растяжения (при расширении внутреннего вещества), созданию циклическости в изменении ее радиуса.

В процессе кристаллизации идет образование новых оболочек. Увеличение их размеров идет до тех пор, пока возникающие в них усадочные напряжения не достигают критических значений. При этом смена эпох будет характеризоваться катастрофическими процессами: потерей устойчивости (глобальной с изменением формы планеты или локальной с образованием изгибных форм высшего порядка) в конце фазы усадки и разрушением при растяжении всей внешней твердой сферы или составляющих ее оболочек.

Эпоха превалирования усадки при кристаллизации внутреннего вещества приводит к уменьшению радиуса, а на этапе расширения, при разрушении внешней твердой оболочки за счет образования разломов, их раскрытия, внедрения и излияния через них на поверхность внутреннего вещества,

происходит увеличение радиуса.

Процесс образования новых глубинных оболочек идет в несколько этапов, что отражается в различии их физико-химических свойств. Поэтому всю твердь Земли схематически можно представить состоящей из вложенных одна в другую сферических оболочек, образованных в процессе циклического продвижения фронта кристаллизации вглубь. При этом процессы разрушения (потери устойчивости) могут происходить как во всей твердой оболочке, так и в ее отдельных составляющих (кора, литосфера, астеносфера, верхняя мантия и т.д.) или в их наборе, создавая несколько циклов “дыхания” Земли с различной частотой.

О МЕХАНИЗМЕ ИНВЕРСИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Как следует из геодинамической модели, во времени происходит очередное увеличение и уменьшение радиуса Земли. Представляется, что с циклическим изменением радиуса как раз и связана инверсия магнитного поля согласно теории геомагнитного динамо. Изменение внешнего радиуса нашей планеты, исходя из закона сохранения момента количества движения, вызывает относительное движение проводящего жидкого ядра – “ротора” относительно “статора”

(мантии). Причем движение бывает двух типов: “ротор” опережает “статор” и наоборот, создавая соответственно обратное и нормальное магнитное поле в зависимости от того, увеличивается или уменьшается радиус планеты.

Предположим, на фазе расширения внутреннего вещества происходит равномерное (условно) увеличение радиуса планеты на величину ΔR и ее осевого момента. Исходя из закона сохранения момента количества движения, это приведет к уменьшению угловой скорости мантии на величину $\Delta \omega$, с которой внешнее и внутреннее ядро будут проворачиваться относительно “статора”. Разница в скоростях вращения на границе мантия – внешнее ядро приводит к возникновению силы вязкого трения, направленной против проворота ядра. Она приведет к тому, что от границы будет развигаться фронт замедления угловой скорости вращения субстрата со скоростью, зависящей от его динамической вязкости, а энергия вращения будет переходить в тепловую энергию трения.

После того как волна торможения дойдет до границы жидкое – твердое ядро, там возникнет разница в скоростях вращения внешнего и внутреннего ядра и станет возможно образование другой приграничной области с круговым дви-

жением субстрата. При этом три основные геосферы (мантия, внешнее и внутреннее ядро) будут вращаться с различными угловыми скоростями, что и наблюдается в настоящее время. За счет трения значения скоростей будут выравниваться до возникновения следующего разбаланса.

Аналогичная схема имеет место в процессе усадки, только с противоположным направлением движения вещества в ядре. Уменьшение радиуса Земли приведет к увеличению угловой скорости вращения мантии и изменению направления течения вещества в ядре относительно мантии и изменению направления магнитного поля.

Наличие двух типов движения в жидком ядре подтверждают экспериментальные исследования сферического течения Куэтта (сдвиговое течение вязкой несжимаемой жидкости в сферическом слое, границы которого вращаются вокруг одной оси с постоянными, но разными угловыми скоростями). Исследования показали, что движение жидкости при этом состоит из "первичного течения" вокруг оси вращения и "вторичного течения". Главный вывод исследований состоит в том, что направление "вторичного течения" жидкости зависит от того, какая сфера, внутренняя или внешняя, вращаются быстрее, из-

меня направление его движения.

СВЯЗЬ ИНВЕРСИИ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ
С ДРУГИМИ ПРОЦЕССАМИ
В ГЕОСФЕРАХ И БИОСФЕРЕ

Из предложенной модели должна следовать взаимосвязь между циклическостью процессов разрушения в верхней твердой оболочке Земли с инверсией магнитного поля. Таких глобальных чередований в тектоносфере, когда задействована вся внешняя оболочка ("суперциклов"), в истории Земли было несколько. Они задают основные тренды и в превашировании той или иной направленности геомагнитного поля. Однако процессы разрушения и потери устойчивости могут происходить и в отдельных или нескольких внутренних оболочках, создавая различную циклическость поля меньшей продолжительности. При этом должна быть связь между такими основными структурами Земли, как, например, блочность, расслоенность, с основными циклическими колебаниями (ритмами) магнитного поля. Из тех данных, которые сразу "бросаются в глаза", надо отметить совпадение эпох длиннопериодных устойчивых состояний магнитного поля с интервалом 160–200 млн лет с геодинамической циклическостью Бертрана (150–250 млн лет). Более того, эти периоды совпадают и с климатическими

циклами, связанными с вулканической деятельностью, также отражающей геодинамическую активность.

Кроме связи с геодинамикой уменьшение магнитного момента в процессе инверсии пропорциональноувеличивает попадающее на Землю космическое излучение, что в свою очередь должно резко изменять условия существования животного мира на Земле. Это согласуется с определенной связью режима инверсий с геологическими эрами, отражающими крупные изменения в биосфере Земли, в частности на границе рифея и палеозоя. Последние исследования взаимосвязи инверсий геомагнитного поля с геодинамическими проявлениями (плюмами) и изменениями в органическом мире в течение 370 млн лет показали: эти явления на самом деле близки к синхронным, что говорит о едином конструктивном механизме взаимодействия как оболочек Земли, так и генерируемых в них физических полей.

ВЛИЯНИЕ ИНВЕРСИИ
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА ЧЕЛОВЕЧЕСТВО

В процессе смены полярности напряженность магнитного поля уменьшается в 5–10 раз. Влияние изменения величины магнитного поля на биосферу можно оценить по результатам изучения воздействия кос-



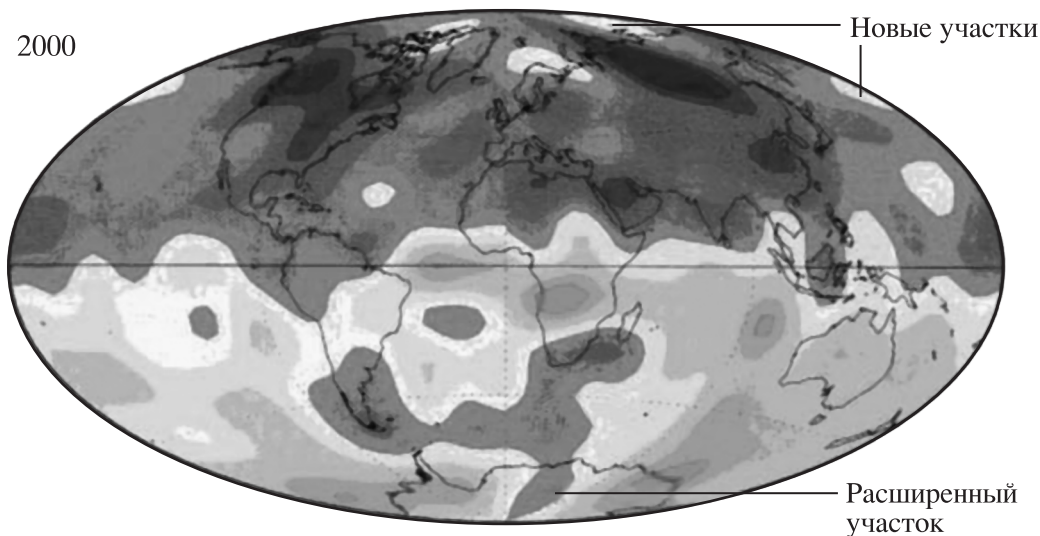
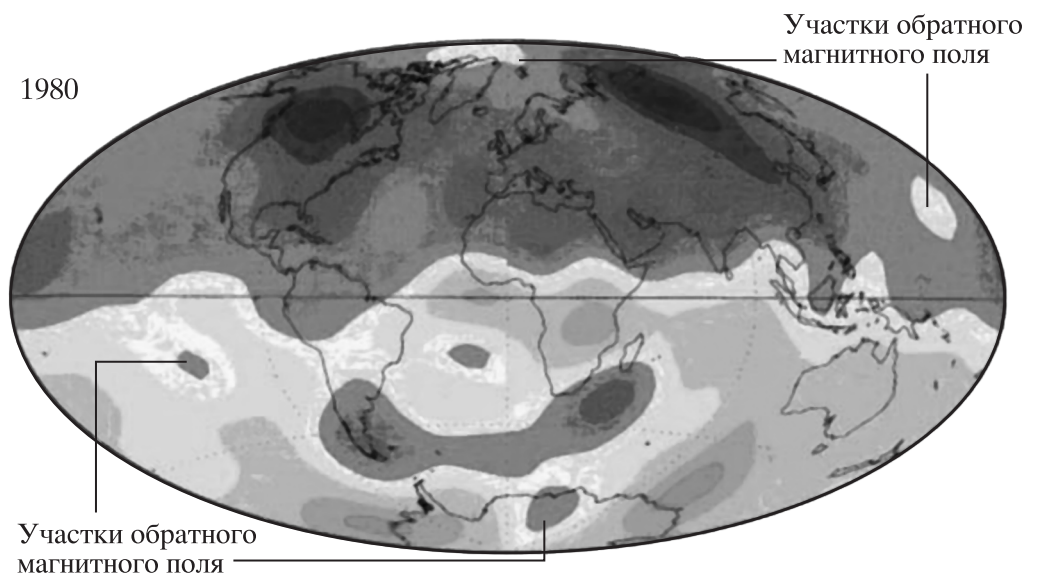
мического излучения во время возрастания солнечной активности. Это приводит к увеличению коротковолнового (ультрафиолетового и рентгеновского) излучения, количества и скорости частиц солнечного ветра, “обрушивающихся” на Землю, что крайне негативно влияет на биосферу. Поток солнечной плазмы “деформирует”

геомагнитное поле, мощные вспышки на Солнце вызывают на Земле магнитные бури. Результаты такого воздействия зависят от напряженности геомагнитного поля, определяющей размеры магнитосферы – земной оболочки, защищающей биоту от прямого воздействия солнечного ветра.

Уменьшение напряженности геомагнитного

Воздействие солнечной плазмы на техносферу.

поля и его инверсия, эквивалентная увеличению солнечной активности, приводят ко многим изменениям в биосфере и в околоземном космическом пространстве (Земля и Вселенная, 2009, № 3).



Карты магнитного поля Земли на границе ядро – мантия, составленные по измерениям со спутника; на шкалах стрелками показано направление увеличения напряженности поля.

Еще в большей степени подверженной влиянию увеличению солнечной активности оказывается техносфера, созданная человечеством для удовлетворения своих все более возрастающих мате-

риальных потребностей и от которой он оказался полностью зависимым: электроэнергетика, нефтяная и газовая промышленность, коммуникационные и компьютерные системы, автоматика же-

лезнодорожного и других видов транспорта, авиационная и космическая отрасли, системы GPS и ГЛОНАСС и др. Например, известно, что солнечная вспышка 13–14 марта 1989 г. сопровождалась мощными геомагнитными бурями, приведшими к отключению ряда линий электропередачи, оставившие в Канаде на 12 ч без электроэнергии 6 млн человек. Было отключено несколько высоковольтных трансформаторов наведенными геомагнитно-индуцированными токами (ГИТ) силой более 100А. Сейчас уже не вызывает сомнений, что жизнь на Земле в значительной степени зависит от гелиогеомагнитной обстановки – напряженности и инверсии магнитного поля и адекватной им солнечной активности.

ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

По данным наблюдений, магнитный момент Земли неуклонно уменьшается. За последние 170 лет геомагнитное поле ослабло почти на 10–15%, причем со временем скорость этого процесса возрастает. Изменение геомагнитного поля в 1980–2000 гг. показало, что уже происходит образование новых участков обратного магнитного поля, в частности, под восточным побережьем Северной Америки, Арктикой, в Ат-

лантике (район “Бермудского треугольника”). Исходя из предложенной модели, процессы “мигания” поля – образования участков с другой полярностью, вызванные уменьшением напряженности основного динамо, можно считать первыми сигналами нашей планеты, говорящими о возможности скорой глобальной переполюсовки.

Об этом же свидетельствует увеличение с 1970-х гг. почти в пять раз скорости дрейфа северного магнитного полюса,двигающегося сейчас со скоростью 46 км в год. Оба магнитных полюса дрейфуют вдоль трасс, характерных для перемещения виртуальных магнитных полюсов в момент инверсии. На этих же трассах расположены глобальные магнитные аномалии, предположительно связанные с локальными гидродинамическими полями, формирующимися на границах проводящего ядра. В процессе уменьшения напряженности основного диполя становятся заметными динамо, генерируемые вихревыми структурами на границах мантия – жидкое ядро и внешнее ядро – внутреннее ядро. Дрейф полюса определяется смещением суммарного слабеего поля.

По имеющимся прогнозам, ближайший максимум солнечной активности ожидается в 2013 г., причем он не будет особенно высоким

($W_{\max} = 90$), что ниже среднего, на уровне самой низкой активности любого из циклов начиная с 1928 г. ($W_{\max} = 78$). Но все-таки он может оказаться сравнимым с максимумом цикла, вызвавшим супербурю в 1859 г. (Земля и Вселенная, 2011, № 1). Учитывая, что за прошедшие 150 лет напряженность геомагнитного поля уменьшилась на 10–15%, на столько же может возрасти негативный эффект воздействия солнечной активности.

Взаимосвязь и однонаправленность этих процессов на частичное уничтожение биоты, а также увеличение числа и мощности катастроф в техносфере позволяют говорить о новом виде опасности – *гелиогеомагнитной*, – очередной всплеск которой ожидается во время максимума солнечной активности в 2013 г. Однако наиболее опасным может оказаться инверсия геомагнитного поля, когда его напряженность уменьшится в 5–10 раз, что грозит катастрофическими последствиями. Поэтому необходимо построить наиболее точные модели процессов образования, изменения и инверсии магнитного поля и спроектировать совершенно новую систему защиты человеческой цивилизации.

Интерактивная программа “Всемирный телескоп”

М.Н. ЖИЖИН,
кандидат физико-математических наук
ИКИ РАН

Программа “Всемирный телескоп” (“World Wide Telescope”, WWT) разработана исследовательским подразделением корпорации “Майкрософт” (Microsoft Research) в Редмонде (США) и бесплатно распространяется пользователям для визуализации и анализа астрономических данных. Она позволяет объединить в одном окне на дисплее компьютера накопленные за последние десятилетия сведения о

множестве небесных объектов, находящихся в базах Интернета. Это изображения участков звездного неба, детальные снимки туманностей, галактик и других объектов в различных диапазонах спектра, данные из звездных каталогов и виртуальных обсерваторий, а также обучающие материалы в виде интерактивных слайд-шоу с поясняющим текстом. Есть даже возможность создавать анимационные фильмы с дикторским текстом

и музыкой. Помимо небесной сферы и объектов дальнего космоса программа позволяет подробно рассмотреть движение планет и других тел Солнечной системы. Трехмерную поверхность Луны, Земли и Марса можно отображать с учетом рельефа и наложенных на него детальных спутниковых снимков или карт городов и дорог на Земле. В статье рассказывается об основных функциях программы и способах работы с ней.

ЧТО ТАКОЕ “ВСЕМИРНЫЙ ТЕЛЕСКОП”

Наверное, многие читатели “Земли и Вселенной” уже пользовались веб-сервисами Google

Maps или Bing Maps, чтобы найти на карте магазин или гостиницу, проложить автобусный маршрут или посчитать деревья в саду соседа. Исследовательская ла-

боратория “Майкрософт” разработала аналогичный астрономический сервис – программу “Всемирный телескоп” (<http://www.worldwidetelescope.org>)¹. Она распространя-

¹ Скачать программу можно бесплатно с этого сайта, для управления используется русский язык.

Верхняя панель



Окно просмотра



Нижняя панель



Компоновка экрана программы “Всемирный телескоп” с панелями управления.

еся бесплатно в виде приложения для операционной системы Windows, многие функции WWT доступны из веб-браузера с использованием технологии Silverlight (<http://www.silverlight.net/>). Для работы с WWT необходим выход в Интернет, потому что основная функция “Всемирного телескопа” – совместить в одной системе координат все доступные в Сети данные для области небосвода, видимой на дисплее компьютера. По аналогии с векторной картой дорог и номерами домов в программе ука-

заны границы созвездий и содержится обширный каталог небесных тел. На спутниковые изображения небесной сферы, склеенные из множества астрономических фотографий, можно наложить снимки, полученные другими наземными и космическими телескопами (например, космические обсерватории “Чандра”, “Спитцер”, KTX), работающими во всех диапазонах спектра. Маршрут путешествия по звездному небу можно записать и воспроизвести позднее, дополнив голосовыми пояснениями и надпися-

ми на карте. Программа позволяет дистанционно управлять настоящим телескопом, синхронно наводя его и следя за любым небесным объектом, выделенным мышью на дисплее.

УПРАВЛЕНИЕ “ВСЕМИРНЫМ ТЕЛЕСКОПОМ”

При запуске программы в начале работы со “Всемирным телескопом” появится экран с панелями управления. Общая компоновка экрана состоит из трех основных частей – верхней панели, основного окна просмотра и нижней панели, но



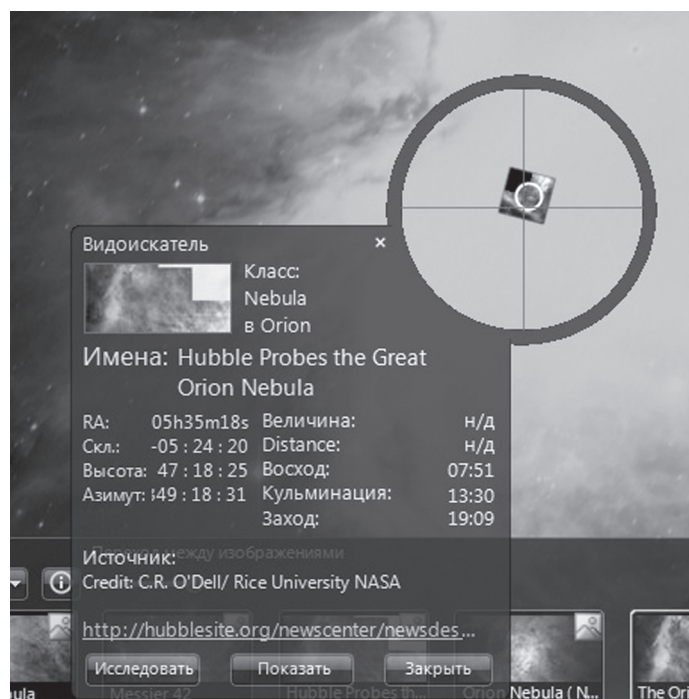
Элементы управления телескопом с помощью нижней панели.

она меняется в зависимости от действий пользователя. На верхней панели находится меню управления, в котором можно выбирать режим просмотра коллекций изображений, интерактивные экскурсии (динамические слайд-шоу), вести поиск материалов в виртуальных обсерваториях (Земля и Вселенная, 2004, № 2), несколькими

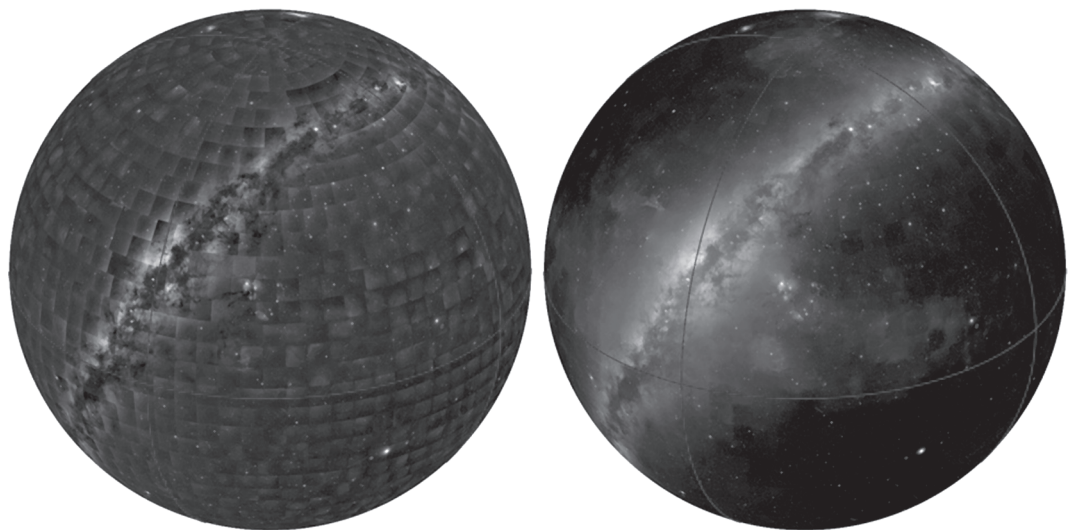
пользователям работать в виртуальной лаборатории и синхронно управлять настоящим телескопом. В окне просмотра отображается картографическая основа – изображение звездного неба, полученное бесшовной склейкой множества астрономических снимков, границы созвездий и видоискатель, в котором показаны подробности о

выбранном объекте. На нижней панели отображаются известные небесные объекты, которые попали в окно просмотра. Пользователь наводит курсор на выбранный из этого списка небесный объект, который появляется в окне просмотра, и с ним можно производить манипуляции (увеличивать, поворачивать, накладывать на другие изображения, задать динамику).

С помощью программы WWT пользователь увидит не только небосвод и различные объекты во Вселенной, но и планеты и их спутники, включая детальные карты Земли и Марса, трехмерную анимацию модели Солнечной системы и просто панорамные изображения. Карты звездного неба представлены мозаикой снимков, сделанных в видимом (Digitized Sky Survey), инфракрасном (SFD Dust Map), ультрафиолетовом (GALEX), рентгеновском (RASS) или даже реликтовом (WMAP) спектрах. Выбор между этими возможностями производится с помощью списка “Смотреть на”, расположенного в левой части



Видоискатель (кружок справа вверху) с панелью, на которой отображается информация о попавшем в видоискатель небесном объекте.



Результат бесшовной склейки терапиксельной мозаики изображений звездного неба. Слева – до обработки, справа – после обработки.

нижней панели управления. Картографическая основа задается на панели в соседнем списке – “Изображения”. Справа на нижней панели показаны текущие параметры: координаты, увеличение, видимая область и созвездие.

Программу “Всемирный телескоп” можно использовать для поиска объектов во Вселенной. Например, если ввести текст “NGC 4” в окне “Поиск” на верхней панели, то на ней будет показана подборка всех галактик, имена которых начинаются с NGC 4. Для подробного поиска в звездном каталоге SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr/>

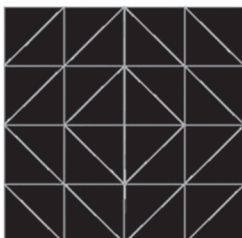
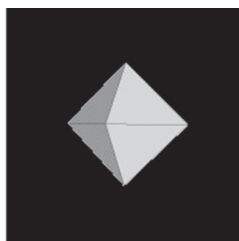
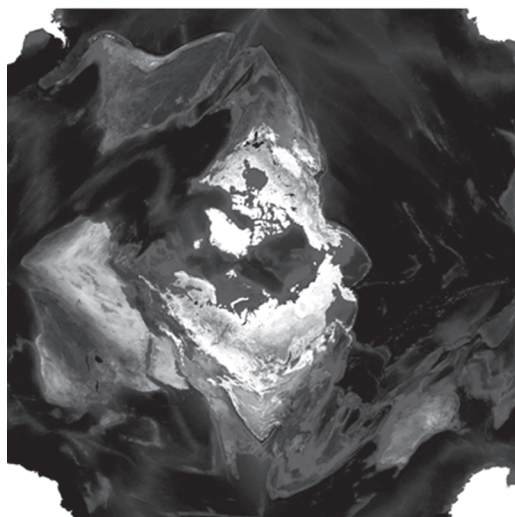
[simbad/](http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/))² достаточно перейти в подраздел “Поиск в SIMBAD”. Начинаящие пользователи могут просто разглядывать звездное небо, перемещая видоискатель поля зрения виртуального телескопа нажатой левой кнопкой мыши, изменяя увеличение колесиком мыши и вызывая справку об интересующем объекте в видоискателе щелчком по правой кнопке мыши.

СОЗДАНИЕ КАРТЫ
ЗВЕЗДНОГО НЕБА
И ЕЕ ИНТЕГРАЦИЯ
С ДРУГИМИ КАРТАМИ

Изображение звездного неба объемом примерно терапиксел (10^{12}), составляющее базо-

вую картографическую “подложку” программы, интересно само по себе. Полная карта небосвода – одно из самых больших цифровых изображений, созданных к настоящему времени. Бесшовная склейка этой мозаики потребовала 15 ч параллельной обработки 1791 фрагмента небесной сферы на компьютерном кластере из 64 четырехъядерных узлов (<http://research.microsoft.com/en-us/projects/terapixel/default.aspx>) и закончена в июле 2010 г. Оцифрованные изображения красного и синего каналов видимого спектра северной и южной полушфер небосвода, собранные за 50 лет работы

² Детальный поиск небесных объектов в каталоге SIMBAD возможен на этом сайте.



Развертка сферы (поверхности планеты) на плоскость (слева) и элементы многогранника – треугольные плитки одинакового размера с изображениями участков поверхности (справа). Показана сборка сферы в проекции TOAST.

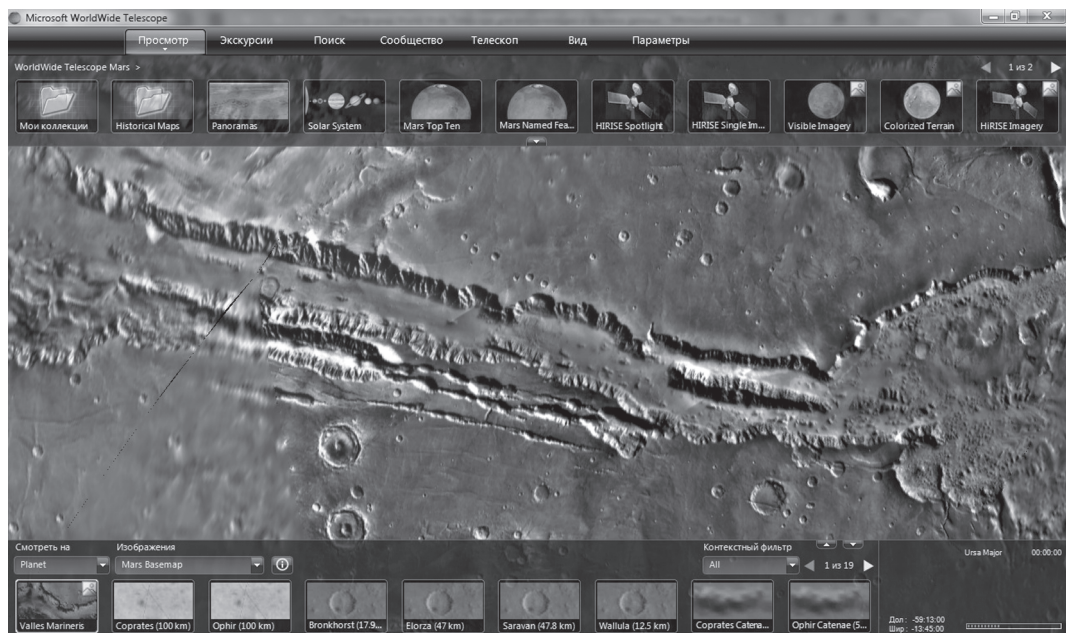
двух телескопов, расположенных в Калифорнии (США) и Австралии, совмещались в общий фрагмент размером порядка $20\,000 \times 20\,000$ пикселей, зеленый канал синтетизировался. Затем на каждом фрагменте исправлялись искажения деталей и сглаживался градиент яркости между фрагментами. Объем данных мозаики, составленной из этих фрагментов, после склейки содержит 802 Гб. Качество изображений небесных объектов после склейки значительно улучшилось.

Для ускорения работы по созданию картографической “подложки”

большие изображения в программе WWT разбивались в многомасштабные пирамиды. Исходное изображение разделяется на плитки одинакового размера. Затем площадь каждой плитки увеличивалась в четыре раза, но количество пикселей в ней не изменялось – каждый пиксел объединяет соседние плитки на уровень ниже (площадь больше, деталей меньше, размер в пикселах тот же). Повторяя эту процедуру несколько раз, получали пирамиду из плиток разного разрешения. Теперь, чтобы получить фрагмент изображения в окне просмотра, сначала надо выбрать

уровень пирамиды, чтобы сэкономить пиксели и не потерять видимые детали, а потом выбирать лишь те плитки, которые содержат видимые в окне фрагменты. Эта технология быстрой визуализации называется **Tile server**, она используется в Google Maps, Bing Maps и в программе WWT. Но есть разница: картографические сервисы используют проекцию Меркатора и квадратные плитки, тогда как в WWT – треугольные плитки и проекцию TOAST (<http://skyview.gsfc.nasa.gov/jar/skyviewinajar.html>)³.

³ Описание проекции TOAST смотри на этом сайте.



Фрагмент Долины Маринера. Пример детальной трехмерной модели рельефа участка поверхности Марса с наложенными на него спутниковыми снимками в новой версии WWT.

В проекции TOAST поверхность сферы последовательно аппроксимируется многогранниками с треугольными гранями. Проекция не имеет аналитического выражения, координаты вычисляются рекурсивно. Сложность ее реализации по сравнению с цилиндрической проекцией Меркатора компенсируется равномерной точностью приближения на полюсах и экваторе.

Несмотря на разницу технологий WWT и Bing Maps, удалось совместить их веб-сервисы, причем сразу несколькими способами. Если в браузере Bing Maps в режиме 3D посмотреть на небо, то на нем будут видны

звезды и созвездия из WWT. С другой стороны, если в программе WWT смотреть из космоса на Землю или Марс, то их спутниковые изображения поверхности и рельефа, а также земные города и дороги получают из Bing Maps.

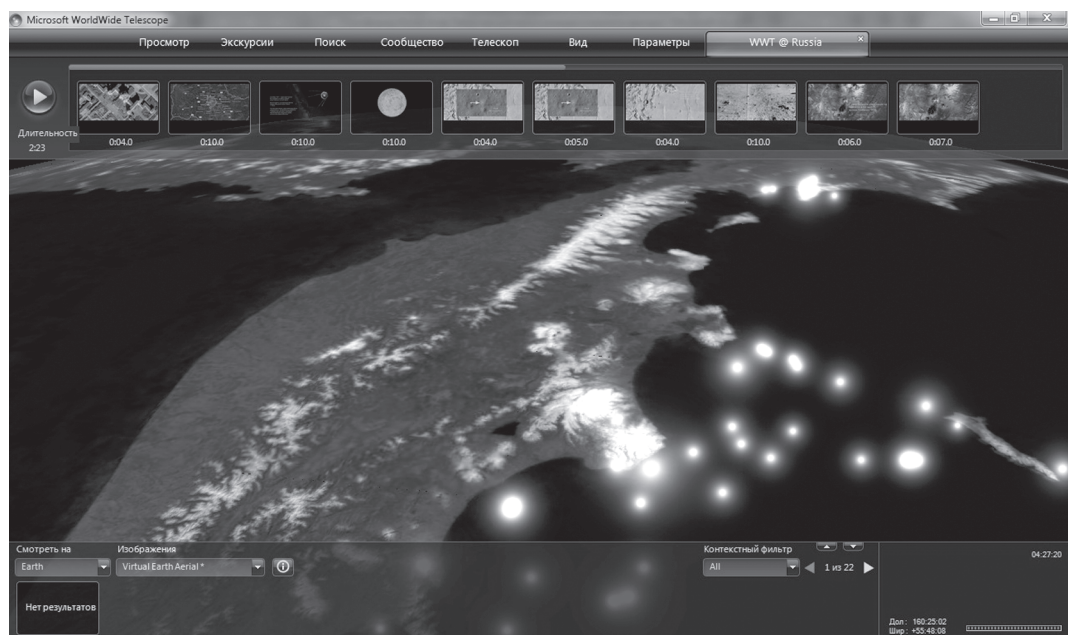
КАК ДОБАВИТЬ
ИЗОБРАЖЕНИЕ
И ДАННЫЕ НА ЗВЕЗДНУЮ
КАРТУ

Пользователи программы WWT могут добавить в астрономические изображения нужные данные (тексты, таблицы или иллюстрации). Они вставляются в виде новых слоев, которые накладываются на карты звездного неба (изнут-

ри сферы) и планет (поверх сферы) или показываются как отдельные панорамы, не связанные с другой информацией о звездных или географических координатах. Перед просмотром изображения необходимо преобразовать в проекцию TOAST, принятую за основу в WWT. Специальный конвертер TOASTER входит в пакет Academic Development Kit (WWT ADK), доступный для бесплатной загрузки с веб-сайта программы (<http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/wwt-ap/collaboration.aspx>). После загрузки в TOASTER исходного изображения пользователь выбирает диапазон мас-



Визуализация изменений яркости ночных огней на Земле в 1992–2008 гг. с помощью программы WWT.



Трёхмерная визуализация таблицы координат, глубин и магнитуд землетрясений на Камчатке.

штабов, в котором его можно будет приближать, затем координатную привязку (небесная сфера, планета или панорама), и запускает TOASTer. Обработка изображений и панорам большого объема в программе TOASTer может длиться часами. Даже если на подготовку одной треугольной плитки в программе TOASTer тратятся доли секунды, то для шести уровней масштаба сферической панорамы с максимальным разрешением в минуту дуги на пиксел таких плиток нужно 16 384!

С помощью преобразования TOASTer изменяется яркость стационарного ночного освещения населенных пунктов на поверхности Земли. Исходными данными служат карты ночных огней разных лет, созданные группой Криса Элвиджа в Национальном центре геофизических данных NOAA, США (<http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/>). Огни сфотографированы в безоблачные ночи в 1992, 2000 и 2006 гг. с метеорологических спутников "DMSP", при составлении карт использовалась годовая статистика наблюдений. На картах Земли ночное освещение окрашивалось в условные цвета – синий (1992), зеленый (2000) и красный (2006). Изображения размером 43 200 × 16 800 создавались в проекции lat/lon, в которой достигается раз-

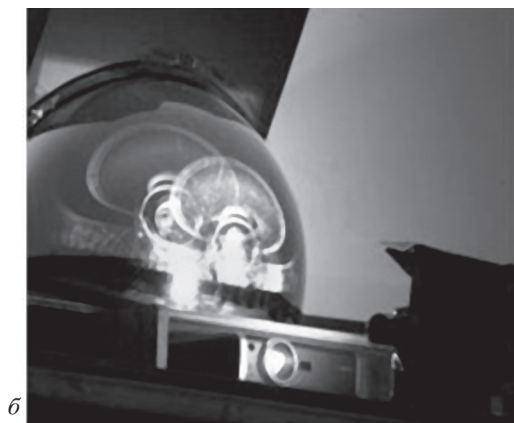
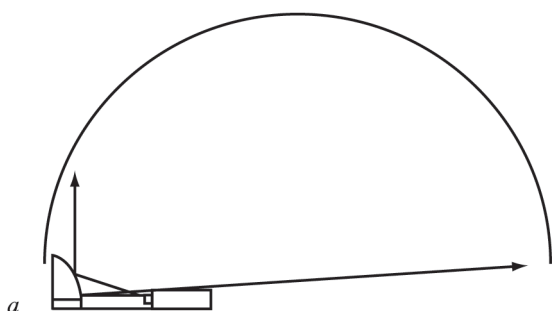
решение 30". Изменение цвета ночных огней отражает изменение их яркости: красные области "разгорелись" к 2006 г., а синие "погасли" к этому времени. С помощью программы TOASTer автор со студентами подготовил за 4 ч карты участков Земли с ночным освещением.

На карте звездного неба или планеты можно отобразить табличные данные, например каталоги звезд или землетрясений. При этом на карте рельефа поверхности планеты фиксируются значения высоты или глубины. Размер символов отражает значение наблюдений (например, магнитуду) в линейной или логарифмической шкале. В качестве примера приводим визуализацию каталога сильнейших землетрясений на Камчатке с магнитудой более шести баллов по шкале Рихтера. Таблица магнитуд, координат и глубин гипоцентров землетрясений 1976–2010 гг. взята из американского каталога NEIC (http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic_global.php). Таблица копируется из программы MS Excel во встроенный редактор данных WWT, в котором уточняется, какие столбцы содержат координаты, время, магнитуду, а затем данные отображаются на карте.

ПЛАНЕТАРИЙ, ВИДЕО-СТЕНА И НАСТОЯЩИЙ ТЕЛЕСКОП

К компьютеру, на котором установлена программа WWT, можно подключать дополнительные системы воспроизведения или дистанционного управления телескопом. Звездное небо отображается на полусфере планетария с помощью специального экрана, LCD-проектора и зеркальной полусферы. За границей продаются готовые надувные залы со сферическим сводом, на который можно проецировать изображения. Наиболее простой и дешевый способ изготовления небольшой полусферы купола мини-планетария диаметром 3–5 м – его сборка из картонных треугольников, которые скреплены между собой большими канцелярскими скрепками. В Москве нам удалось купить зеркальные полусферы (системы видеонаблюдения) за 8 тыс. руб, раскроить и нарезать картонные плитки для сферического экрана. Принцип работы такого мини-планетария, его чертежи и раскрой полусферы находятся на сайте программы WWT (<http://www.worldwidetelescope.org/Docs/worldwidetelescope-planetarium.html>).

Дистанционное управление настоящим телескопом из WWT возможно по последо-



Принцип работы и виды мини-планетариев для программы WWT: а) проекция изображения на купол с помощью сферического зеркала, б) проектор, в) надувной купол, г) купол, собранный из картонных треугольников.

вательному порту или USB, если электронная система управления мониторингом телескопа позволяет подключение по стандартному протоколу ASCOM (<http://www.ascom-standards.org>). После выбора типа телескопа и его привязки из программы WWT можно щелчком мыши навести телескоп на интересующий объект в поле зрения на экране и включить автоматическое слежение

за этим объектом. Тогда в окуляре телескопа будет виден реальный объект, а на дисплее компьютера – его описание и изображения, полученные с других телескопов и спутников.

СООБЩЕСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ WWT

Пользователи программы “Всемирный телескоп” могут объединяться в сообщества – по

темам, проектам, странам. Сообщество может контролировать доступ к своим коллекциям и данным, защищая их паролем, или предоставлять их в открытый доступ. Интерфейс программы WWT уже переведен на многие языки, включая английский, французский, немецкий, китайский, хинди.

На факультете Вычислительной математики и кибернетики МГУ в

сентябре 2010 г. прошел однодневный семинар, посвященный выходу русской версии программы WWT. На нем перед астрономами, учителями, сотрудниками планетариев и студентами выступили руководительница программы WWT в Редмонде Ян Ксу, профессор Калифорнийского технологического института Джордж Джорговски, астрономы ГАИШ МГУ В.Г. Сурдин и О.С. Бартунов. Участникам семинара были продемонстрированы возможности WWT по управлению телескопом, цифровым планетарием или мультимедийной видеостеной, показано, как самому создать интерактивную обучающую экскурсию по звездному небу.

Встроенный редактор интерактивных презентаций – одна из важных особенностей WWT. Пользователи могут сами создавать слайд-шоу, переходя между окнами просмотра и выбирая интересные галактики, туманности и другие небесные объекты. На слайды можно наложить тексты, таблицы, голосовые комментарии, изображения, музыкальное сопровождение. Программа позволяет регулировать длительность просмотра и переходов от слайда к слайду. Записанные на диск презентации можно пересылать по электронной почте или загружать с веб-сервера сообщества. При этом просмотр презентаций возможен

даже без подключения к Интернету.

Выход русской версии программы “Всемирный телескоп” – это хороший повод объединить любителей и профессиональных астрономов в России в новое сообщество, которое будет готовить презентации для визуализации данных, научных исследований и обучения астрономии, переводить с других языков тексты экскурсий и тематические подборки. На веб-сайте астрономического сообщества (www.skyserver.ru/wwt) доступны для просмотра и скачивания презентации докладов семинара 2010 г., инструкции пользователя, примеры экскурсий и сама программа “Всемирный телескоп».

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: сентябрь–октябрь 2011 г.

Таблица I

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Сентябрь		
3	7	Меркурий в наибольшей западной элонгации (18°)
4	17	Первая четверть
9	4	Меркурий проходит в 0,6° севернее Регула
10	17	<i>Комета Еленина в перигелии</i>
12	9	Полнолуние
15	6	Луна в апогее
16	15	Луна проходит в 5° севернее Юпитера
16	18	Церера в противостоянии с Солнцем
20	13	Последняя четверть
23	6	Луна проходит в 5° южнее Марса
23	9	Осеннее равноденствие
26	0	Уран в противостоянии с Солнцем
27	11	Новолуние
28	1	Луна в перигее
28	18	<i>Комета Хонда – Мркоса – Пайдушаковой в перигелии</i>
28	20	Меркурий в верхнем соединении с Солнцем
Октябрь		
1	9	<i>Покрытие звезды δ Скорпиона (2,9^m) Луной (0,21+)</i>
4	3	Первая четверть
4	9	<i>Покрытие звезды ξ^2 Стрельца (3,5^m) Луной (0,52+)</i>
4	14	<i>Покрытие звезды π Стрельца (2,9^m) Луной (0,55+)</i>
12	2	Полнолуние
12	12	Луна в апогее
13	16	Луна проходит в 5° севернее Юпитера
13	21	Сатурн в соединении с Солнцем
16	20	<i>Максимальное сближение кометы Еленина с Землей</i>
20	3	Последняя четверть
26	12	Луна в перигее
26	19	Новолуние
28	4	Луна проходит в 2° южнее Венеры
29	1	Юпитер в противостоянии с Солнцем

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата		α		δ		45°		55°		65°	
						восход	заход	восход	заход	восход	заход
		ч	м	°	'	ч: м	ч: м	ч: м	ч: м	ч: м	ч: м
Сентябрь	1	10	39	+ 08	33	05:22	18:42	05:06	18:58	04:38	19:27
	11	11	15	+ 04	50	05:34	18:24	05:25	18:33	05:09	18:49
	21	11	51	+ 00	59	05:46	18:05	05:43	18:07	05:39	18:12
Октябрь	1	12	27	−02	00	05:58	17:46	06:02	17:42	06:09	17:35
	11	13	03	−06	45	06:11	17:27	06:21	17:16	06:39	16:59
	21	13	41	−10	26	06:24	17:10	06:41	16:52	07:11	16:23
	31	14	19	−13	52	06:37	16:54	07:01	16:30	07:44	15:47

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время захода Солнца 15 сентября 2011 г. в Москве (широта $55^{\circ}45'$, долгота $-2^{\circ}30'$, 2-й часовой пояс). Пользуясь Таблицей II, интерполируем значение времени захода Солнца на 15 сентября, получаем $18^{\text{ч}}24^{\text{м}}$. Вычтем долготу места, прибавим номер часового пояса и два часа для учета декретного времени, получим $19^{\text{ч}}54^{\text{м}}$.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для раз- ных широт, ч			Период
		ч	м	°	'		"		45°	55°	65°	
Меркурий												
Сентябрь	1	09	29,8	+14	04	0,1	7,7	0,35	0,8	0,6	—	Утро
	11	10	20,5	+11	49	−1,0	5,9	0,76	0,9	0,9	0,6	Утро
	21	11	29,0	+05	18	−1,4	5,0	0,97	—	—	—	
Октябрь	1	12	35,0	−02	30	−1,6	4,8	1,00	—	—	—	
	11	13	36,2	−09	54	−0,8	4,7	0,97	—	—	—	
	21	14	35,1	−16	17	−0,4	4,9	0,92	—	—	—	
	31	15	33,1	−21	16	−0,3	5,3	0,85	—	—	—	
Венера												
Сентябрь	1	10	57,0	+08	15	−3,9	9,8	1,00	—	—	—	
	11	11	42,8	+03	21	−3,9	9,8	0,99	—	—	—	
	21	12	28,2	−01	44	−3,9	9,9	0,99	—	—	—	
Октябрь	1	13	13,8	−06	47	−3,9	10,1	0,98	—	—	—	
	11	14	00,2	−11	36	−3,9	10,2	0,97	—	—	—	
	21	14	48,2	−15	58	−3,8	10,4	0,96	0,2	—	—	Вечер
	31	15	38,2	−19	40	−3,8	10,7	0,94	0,6	—	—	Вечер

Таблица III (окончание)

Дата		α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для раз- ных широт, ч			Период
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	
Марс												
Сентябрь	1	07	20,7	+22	51	1,4	4,7	0,94	3,8	4,2	5,0	Утро
	11	07	47,7	+21	59	1,4	4,8	0,93	4,2	4,6	5,6	Утро
	21	08	13,8	+20	53	1,3	5,0	0,92	4,5	5,1	6,2	Утро
Октябрь	1	08	38,9	+19	36	1,3	5,2	0,92	4,9	5,5	6,6	Утро
	11	09	02,9	+18	10	1,2	5,4	0,91	5,3	5,9	7,1	Утро
	21	09	25,8	+16	37	1,2	5,6	0,91	5,7	6,4	7,6	Утро
	31	09	47,5	+15	01	1,1	5,9	0,90	6,1	6,8	8,1	Утро
Юпитер												
Сентябрь	1	02	32,9	+13	33	-2,5	44,7	0,99	8,6	8,8	8,6	Утро
	11	02	32,0	+13	27	-2,6	46,1	0,99	9,5	9,8	9,7	Утро
	21	02	29,9	+13	15	-2,6	47,3	1,00	10,4	10,7	10,9	Ночь
Октябрь	1	02	26,7	+12	58	-2,7	48,3	1,00	11,2	11,6	12,0	Ночь
	11	02	22,4	+12	36	-2,7	49,1	1,00	12,0	12,4	13,1	Ночь
	21	02	17,5	+12	11	-2,8	49,5	1,00	12,7	13,2	14,0	Ночь
	31	02	12,3	+11	45	-2,8	49,6	1,00	13,2	13,8	14,8	Ночь
Сатурн												
Сентябрь	1	12	58,9	-03	48	0,9	16,0	1,00	0,6	—	—	Вечер
	11	13	02,9	-04	14	0,9	15,8	1,00	—	—	—	—
	21	13	07,1	-04	41	0,8	15,7	1,00	—	—	—	—
Октябрь	1	13	11,5	-05	09	0,8	15,7	1,00	—	—	—	—
	11	13	16,0	-05	37	0,7	15,6	1,00	—	—	—	—
	21	13	20,6	-06	04	0,7	15,6	1,00	—	—	—	—
	31	13	25,1	-06	30	0,7	15,7	1,00	0,3	—	—	Утро

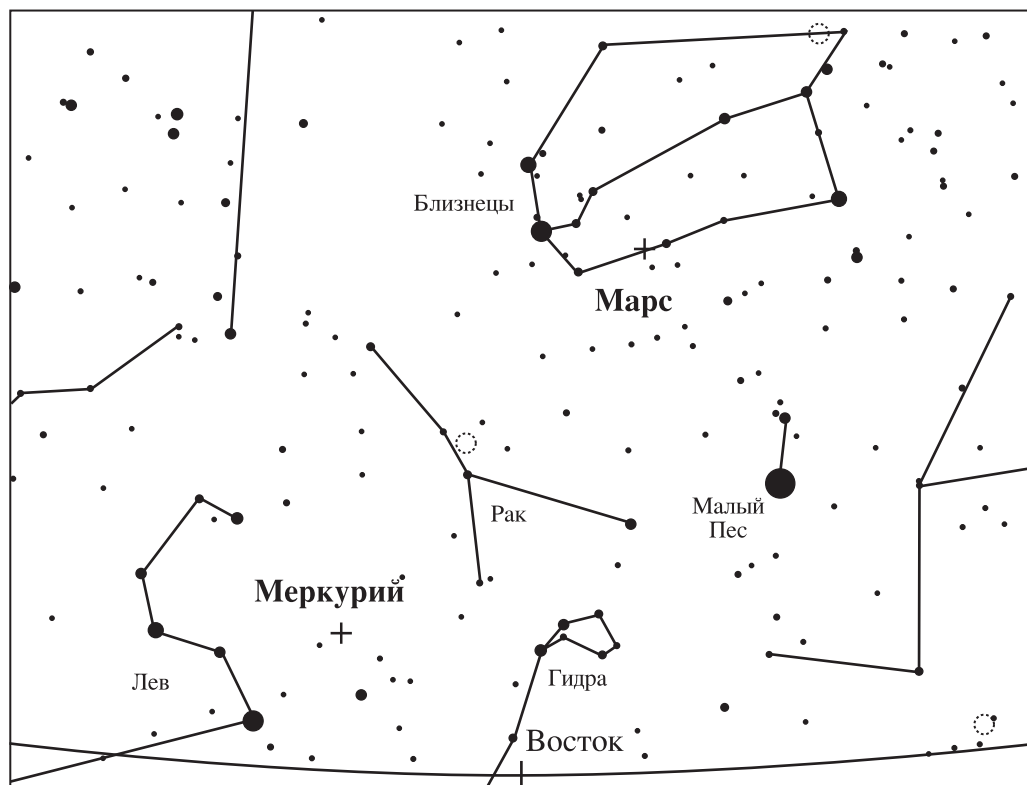
Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

В начале осени **Меркурий** вступает в наибольшую западную элонгацию и начинает догонять дневное светило в своем движении по небесной сфере. В это время планета видна невысоко над восточным горизонтом незадолго до восхода Солнца. В первых числах сентября с помощью телескопа можно заметить серп планеты, но с каждым днем диск Меркурия становится меньше, а фаза увеличивается. Яркость планеты также растет, что позволит

оставаться Меркурию видимым на ярком фоне зари всю первую половину сентября. 9 сентября планета сблизится со звездой Регул (α Льва), превосходя ее в блеске в восемь раз! После верхнего соединения с Солнцем, в конце октября, Меркурий появится уже на вечернем небе, но лишь для наблюдателей Южного полушария Земли.

Сентябрь–октябрь неблагоприятны для наблюдения **Венеры**: планета находится слишком близко к Солнцу на небесной сфере. В конце октября Венера окажется приблизительно в 2° к



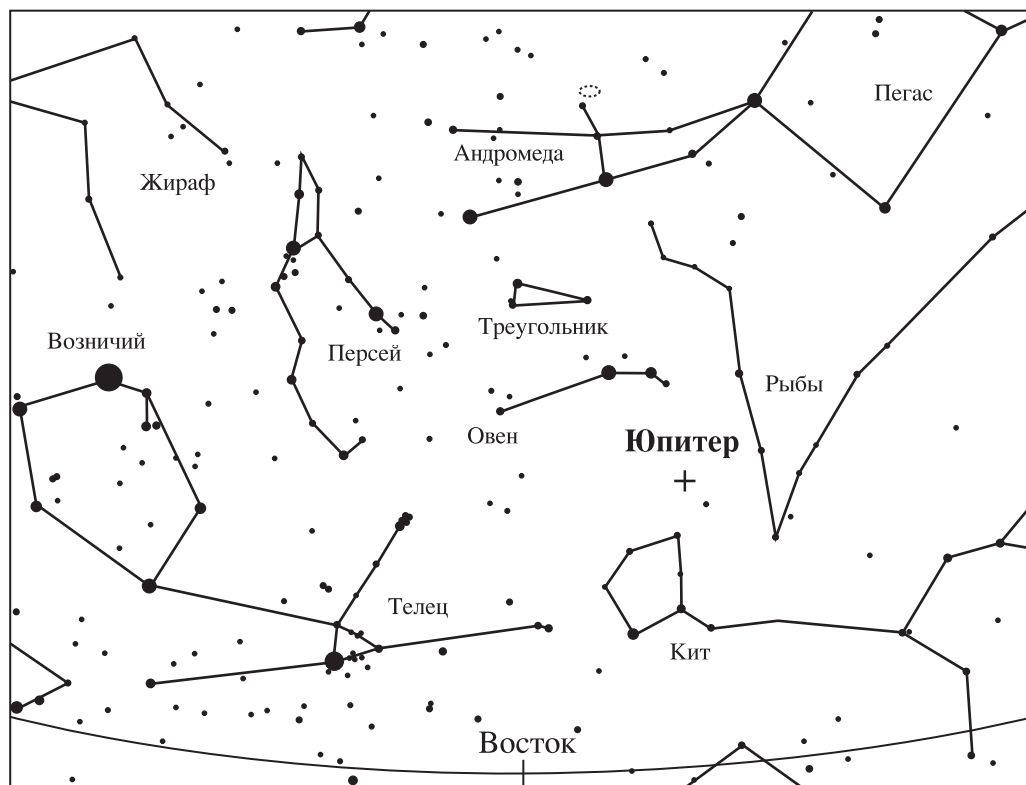
Вид восточной части звездного неба в Москве 3 сентября в 6^ч по московскому времени. Отмечено положение Меркурия и Марса.

северу от Меркурия, превосходя его в блеске на 3,5^m. Высокая яркость позволит заметить планету в вечерние сумерки, пока лишь на юге нашей страны.

Значительно лучше условия видимости **Марса**. Планета видна в утренние часы, и ее условия наблюдений постепенно улучшаются. Марс движется все еще далеко от Земли и потому не выделяется ярким блеском на фоне звездного неба. Планета пересекает созвездие Близнецов, 16 сентября переходит в созвездие Рака, 19 октября – в созвездие Льва. В телескоп можно попытаться заметить небольшой ущерб на диске – фазу. В течение всего предстоящего периода видимости к Земле будет наклонено Северное полуша-

рие планеты, где после равноденствия 14 сентября начнется весна.

Осенью наилучшие условия видимости сложатся у крупнейшей планеты Солнечной системы, в конце октября вступающей в противостояние с Солнцем. На небесной сфере **Юпитер** движется попятно по юго-западной части созвездия Овна. Большой угловой размер планеты позволит даже в небольшие инструменты наблюдать облачный покров этой планеты-гиганта. Особый интерес связан с наблюдением южного экваториального пояса планеты, неожиданно исчезнувшего в конце 2009 г. (Земля и Вселенная, 2010, № 5, с. 111). Четыре галилеевых спутника доступны наблюдениям даже в бинокль.



Вид восточной части звездного неба в Москве 29 октября в 21^ч по московскому времени. Отмечено положение Юпитера.

Сатурн находится на небесной сфере поблизости от Солнца и не доступен наблюдениям.

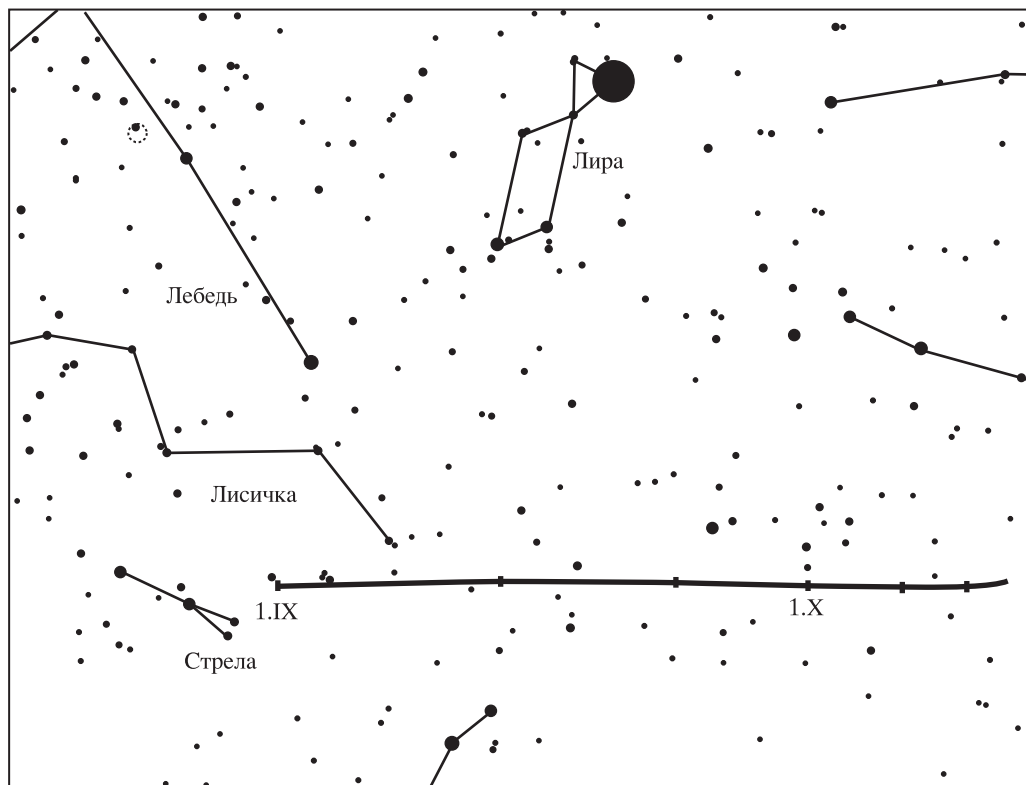
26 сентября **Уран** вступает в противостояние с Солнцем, находясь в созвездии Рыбы. Блеск планеты (5,7^m) позволит заметить ее на темном небе даже невооруженным взглядом. Траектория движения Урана по небесной сфере приведена в предыдущем номере.

В сентябре карликовая планета **Церера** вступает в противостояние с Солнцем, однако обстоятельства видимости неблагоприятны, поскольку из-за большого наклона орбиты Церера находится в 17° южнее эклиптики и поднимается невысоко над горизонтом. Для того чтобы увидеть карликовую планету, потребуется бинокль.

Таблица IV

СПУТНИКИ ЮПИТЕРА

Спутник	Блеск, m	Угловое расстояние, '	Период, сут
Ио	4,8	2,4	1,77
Европа	5,1	3,9	3,55
Ганимед	4,4	6,2	7,15
Каллисто	5,4	10,9	16,7



Видимый путь на небесной сфере кометы Гаррадда C/2009 P1 (Garradd) в сентябре – октябре 2011 г.

Таблица V

ЭФЕМЕРИДА ЦЕРЕРЫ

Дата		α		δ		m
		ч	м	°	'	
Сентябрь	1	00	13,4	−15	40	7,8
	11	00	06,0	−16	42	7,7
	21	23	57,8	−17	34	7,7
Октябрь	1	23	49,5	−18	10	7,8
	11	23	42,0	−18	27	8,0
	21	23	36,0	−18	24	8,1
	31	23	32,1	−18	02	8,3

НЕБЕСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

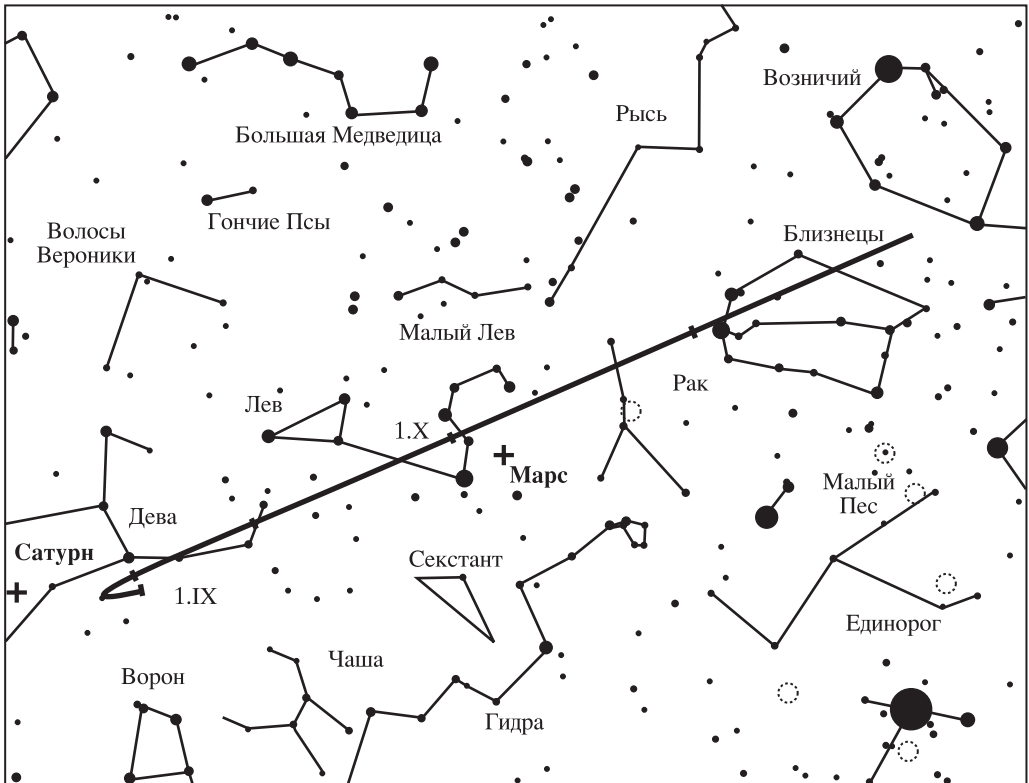
Осень 2011 г. подарит возможность любителям астрономии даже со скромными инструментами увидеть сразу

несколько комет. К оценкам яркости следует относиться с осторожностью: наблюдаемый блеск комет может значительно отличаться от предвычисленного.

ЭФЕМЕРИДА КОМЕТЫ ГАРРАДДА

Дата	α		δ		m	El.	del	Sun
	ч	м	°	'		°	а.е.	а.е.
Сентябрь 1	19	33,9	+19	22	8,1	127	1,41	2,17
11	18	58,4	+19	49	8,0	112	1,48	2,09
21	18	30,2	+19	40	8,0	99	1,58	2,00
Октябрь 1	18	0,93	+19	17	8,0	87	1,70	1,92
11	17	54,5	+18	54	8,0	76	1,81	1,85
21	17	44,4	+18	40	7,9	67	1,92	1,78
31	17	37,9	+18	39	7,9	59	2,00	1,72

Примечание: El. – элонгация кометы, del – расстояние от кометы до Земли, Sun – расстояние до Солнца.



Видимый путь на небесной сфере кометы Еленина C/2010 X 1 (Elenin) в сентябре – октябре 2011 г.

ЭФЕМЕРИДА КОМЕТЫ ЕЛЕНИНА

Дата	α		δ		m	El.	del	Sun
	ч	м	°	'		°	а.е.	а.е.
Август 7	11	37,3	+01	12	10,5	40	1,43	0,93
12	11	47,7	+00	06	9,9	38	1,36	0,84
17	11	58,8	-01	04	9,3	37	1,27	0,76
22	12	10,6	-02	17	8,6	35	1,18	0,68
27	12	22,7	-03	30	7,9	33	1,07	0,60
Сентябрь 1	12	34,4	-04	37	7,2	32	0,96	0,54
6	12	44,1	-05	26	6,6	29	0,83	0,50
11	12	49,6	-05	40	6,1	26	0,71	0,48
16	12	48,3	-05	02	5,8	20	0,59	0,50
21	12	38,5	-03	15	5,8	13	0,48	0,54
26	12	19,2	-00	11	5,8	3	0,40	0,60
Октябрь 1	11	49,7	+04	18	5,9	12	0,33	0,68
6	11	09,1	+10	10	6,1	28	0,28	0,77
11	10	16,1	+17	00	6,3	48	0,25	0,85
16	09	11,4	+23	36	6,6	69	0,23	0,94
21	08	00,4	+28	25	7,0	91	0,24	1,03
26	06	52,6	+30	39	7,6	111	0,26	1,11
31	05	55,6	+30	47	8,2	128	0,30	1,20

Примечание: El. – элонгация кометы, del – расстояние от кометы до Земли, Sun – расстояние до Солнца.

Таблица VIII

ЭФЕМЕРИДА КОМЕТЫ ХОНДА – МРКОСА – ПАЙДУШАКОВОЙ

Дата	α		δ		m	El.	del	Sun
	ч	м	°	'		°	а.е.	а.е.
Август 22	09	04,2	-16	21	8,0	32	0,11	0,92
Сентябрь 1	09	28,3	+01	32	8,3	19	0,25	0,78
11	09	41,0	+06	51	7,8	23	0,42	0,65
21	09	59,1	+08	45	7,3	29	0,61	0,55
Октябрь 1	10	26,6	+08	28	7,6	32	0,83	0,53
11	11	00,1	+06	38	9,0	34	1,04	0,59
21	11	33,3	+04	10	10,9	35	1,23	0,70
31	12	03,1	+01	40	12,7	37	1,38	0,84

Примечание: El. – элонгация кометы, del – расстояние от кометы до Земли, Sun – расстояние до Солнца.

Комета Гаррадда **C/2009 P1 (Garradd)**, открытая 13 августа 2009 г., пройдет перигелий 23 декабря 2011 г. на расстоянии 1,55 а.е. от Солнца. Комета движется по гиперболической орбите и навсегда покинет Солнечную систему. В сентябре–октябре комета движется по созвездиям Стрелы, Лисички и Геркулеса, поднимаясь вечером в средних широтах высоко над горизонтом. Максимальной яркости комета должна достигнуть в 2012 г., а пока ее ожидаемый блеск составит около 8^m.

Основное внимание любителей астрономии будет приковано к другой комете – **C/2010 X1 (Elenin)**, которую 23 декабря 2010 г. открыл наш соотечественник Леонид Еленин. Благодаря небольшому наклону орбиты, комета движется вблизи эклиптики. За два первых осенних месяца она пересечет созвездия Девы, Льва, Рака и Близнецов. В сентябре наблюдения будут затруднены близостью кометы на небесной сфере к Солнцу, 10 сентября она пройдет перигелий своей орбиты, после чего устремится за пределы Солнечной системы по гиперболической

траектории. В октябре условия видимости улучшаются, комета удаляется от Солнца, при этом приближаясь к Земле в пространстве, и видна во второй половине ночи. Согласно прогнозам, комету в это время можно будет наблюдать в бинокль.

Состоится очередное сближение с Солнцем периодической кометы **45P (Honda–Mrkos–Pajdušáková)**. Она относится к числу комет семейства Юпитера и обращается вокруг Солнца с периодом 5,26 года. Еще 15 августа комета прошла на расстоянии менее 9 млн км от нашей планеты, имея при этом очень низкое склонение (–70°). После тесного сближения комета стремительно уходит на северное небо, при этом увеличивая свою яркость. Комета пройдет перигелий 28 сентября, а 3 октября окажется всего в 3° от кометы Еленина. После перигелия она быстро слабеет, ее наблюдения осложнены небольшим угловым расстоянием от Солнца.

*Д.А. ЧУЛКОВ
ГАИШ МГУ*

Информация

В Галактике много землеподобных планет

В Млечном Пути может содержаться около двух миллиардов планет – к такому мнению пришли после анализа данных, собранных

за год работы космической обсерваторией “Кеплер”. (Земля и Вселенная, 2011, № 3). За это время открыто 1235 экзопланет у других звезд. Среди похожих на Солнце звезд доля светил, обладающих похожими на Землю планетами в обитаемой зоне, составляет 1,4–2,7%, или такие планеты есть у одной из 37–70 звезд. К похожим на Землю специалисты причисляли планеты, диаметр которых находится в пределах 1,6–6 R_з,

а зоной обитаемости называют область вокруг светила, находясь внутри которой планета может иметь жидкую воду. Предполагается, что за три года работы “Кеплер” сможет достоверно обнаружить около 12 землеподобных миров в нашей Галактике, а всего может быть найдено около 50 млрд экзопланет.

Пресс-релиз NASA,
22 марта 2011 г.

Фантастические идеи полета в космос

В 2010 г. в серии “Мир вокруг нас” вышла книга известного советского ученого и популяризатора науки профессора *Н.А. Рынина* “**Космические корабли (межпланетные полеты в фантазиях романистов)**” (М.: Книжный клуб Книго-век, СПб.: Северо-Запад). Это сокращенный вариант многотомного издания 1928 г., в котором сделан один из первых обзоров конструкций космических аппаратов и возможных устройств для полета человека в космос, описанных писателями и пионерами космонавтики. Многие идеи и конструкции были фантастическими, наивными и далекими от воплощения и фактического использования. Между тем без такой игры воображения, скорее всего, были бы невозможны многие достижения в развитии ракетно-космической техники.

В книге десять глав. В первой, “Из пушки на планеты”, подробно и крити-



чески рассматриваются конструкции пушек, снарядов и поездов в романах Ж. Верна, Е. Жулавского и Г. Уэллса. Во второй, “Метательные машины”, описаны метательные устройства. В третьей, “Полеты при помощи минус- и плюс-материи”, указаны различные вещества (минус-материя) и лучи (плюс-материя), экранирующие тяготение, чтобы совершать межпланетные путешествия. Четвертая, “Полеты при помощи лучевого давления”, посвящена аппаратам, движущимся в космосе за счет давления солнечного излучения (это КА с солнеч-

ными парусами). В пятой, “Использование лучистой энергии”, рассказывается о приборах, аккумулирующих солнечную энергию (подобно современным солнечным батареям). Шестая, “Электрические корабли”, сообщает о возможности применения электрических двигателей. В седьмой, “Радиокорабли”, представлены проекты аппаратов, работающих на энергии, передаваемой по радиоканалам. В восьмой, “Использование внутриатомной энергии”, освещаются вопросы применения в двигателях сконцентрированной энергии, в том числе атомной. В девятой, “Ракетные корабли”, говорится о традиционных методах космических полетов – полетах на реактивной тяге (например, о ракете К.Э. Циолковского). В заключительной, “Жители небесных миров”, приводятся соображения ученых и писателей об условиях на других планетах, необходимых для возникновения жизни, и о разумных существах на них.

В книге много иллюстраций. Она рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся проблемами космонавтики.

Музей Землеведения МГУ

В 2010 г. Московский госуниверситет отметил 60-летие Постановления Совета Министров СССР об образовании **Музея Землеведения**. Однако реальная история комплексного естественно-научного и исторического университетского музея началась более 250 лет назад.

В 1759 г., всего через четыре года после основания Московского университета, в нем возник минералогический кабинет (по сути музей), пожертвованный выдающимися меценатами, сподвижниками Петра I, горнодобытчиками братьями Никитой и Прокофием Демидовыми. Кабинет пополнялся из разных частных собраний и довольно быстро превратился из чисто минералогического в комплексный естественно-исторический. В 1791 г. это собрание получило официальный титул Музеума натуральной истории. В 1803 г. правнук Н. Демидова, Павел Григорьевич Демидов, передал в дар Московскому университету свою богатейшую библиоте-

ку, натурный кабинет и 100 тыс. рублей, проценты с которых предназначались для утверждения кафедры натуральной истории с музеем при ней. Этот дар был закреплён распоряжением

Александра I, и 25 октября 1805 г. **Музей натуральной истории** был открыт для посетителей. Именно этот первый в Московском университете комплексный естественнонаучный музей,



Директор Музея натуральной истории и первый директор Московского общества испытателей природы Г.И. Фишер (1771–1853).

расположенный в новом тогда здании Московского университета на Моховой, является своего рода прообразом современного Музея Землеведения, расположившегося в высотной части главного здания МГУ на Ленинских Горах.

Первый директор Музея натуральной истории и заведующий кафедрой натуральной истории Московского университета Готгельм Иоганн Фишер фон Вальдгейм (Григорий Иванович Фишер; 1771–1853) выделил в Музее минералогическое и зоологическое собрание. В 1820 г. минералогическое и зоологическое собрания были окончательно разделены, в том числе и территориально. Зоологическое собрание со временем выросло в Зоологический музей МГУ, а минералогическое, которое к тому времени представляло полноценный геологический музей, в 1930 г. было передано в Московский геологоразведывательный институт и впоследствии стало Геологическим музеем РАН им. В.И. Вернадского.

Первые музеи Московского университета послужили образцом при формировании университетских музеев начала XIX в. Демократичность, характерная для них, стала основной чертой университетских музеев последующих поколений.

За свою долгую историю МГУ положил начало многим известным и популярным музеям Москвы. В конце XIX в. в МГУ выдающимся географом и этнографом Д.Н. Анучиным (1843–1923) был организован небольшой географический музей. Этот музей сильно пострадал в годы Великой Отечественной войны, сохранились лишь отдельные разрозненные экспонаты. Планировалось организовать университетский почвенный музей, но из-за отсутствия помещений он так и не был создан.

К началу строительства нового комплекса университета на Ленинских (Воробьевых) Горах МГУ не имел ни геолого-минералогического, ни географического, ни почвенного музея. Чтобы ликвидировать этот пробел, в новом здании МГУ, строительство которого началось в конце 1940-х гг., предполагалось организовать соответствующие музеи на каждом из естественных факультетов. Одновременно родилась идея единого межфакультетского музея, который объединил бы современные знания в области геологической, географической и биологической науки. В феврале 1950 г. ректор МГУ академик А.Н. Несмеянов обратился с ходатайством к правительству. 23 августа 1950 г. Совет Мини-

стров СССР принял специальное постановление о создании в высотной части нового здания МГУ им. М.В. Ломоносова Музея Землеведения с тремя разделами: история развития Земли (общее землеведение), природа СССР и история развития точных и естественных наук в Московском университете.

С ноября 1951 г. началась регулярная работа по созданию экспозиций Музея Землеведения на верхних (24–31-м) этажах Главного здания МГУ. В ней участвовало свыше 700 ученых и сотрудников МГУ, а также ряда институтов Академии наук СССР и других научных и прикладных учреждений страны, более 200 художников и скульпторов. В основном оформление экспозиции удалось выполнить за два года. В 1950-е гг. для формирования коллекции Музея были организованы многочисленные экспедиции в различные регионы СССР, благодаря которым собран уникальный фотоархив (природа, быт, народное хозяйство). Эта часть архивных материалов хорошо систематизирована и составляет десятки тысяч негативов и пробных фотоотпечатков с кратким описанием.

14 мая 1955 г. состоялось официальное открытие Музея Землеведения в год 200-летнего



Главное здание МГУ, на 24–31 этажах которого функционирует Музей Землеведения.

юбилея Московского университета.

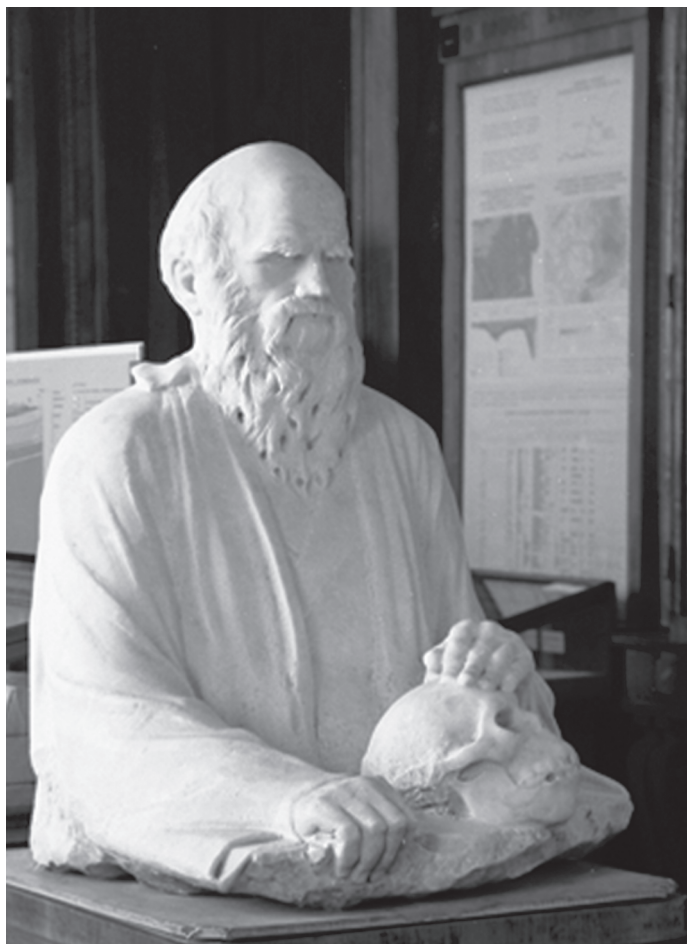
В залах Музея сосредоточено около 300 учебно-научных стендов с тысячами графических,

картографических и художественных экспонатов. Натурные образцы объединены в несколько сотен тематических коллекций, включающих геолого-минералогические образцы, почвенные монолиты, гербарии и чучела животных. На стендах расположено более

250 природоведческих картин – пейзажи разных регионов страны, выполненные ведущими художниками преимущественно с натуры. Экспозицию дополняют около ста бюстов и барельефов крупнейших отечественных и зарубежных ученых.

Музей Землеведения – это научно-методический центр вузовских музеев России, а также университетских музеев Евразийской ассоциации университетов. Он координирует работу российских вузовских музеев, организует научно-практические конференции, семинары и школы, курсы повышения квалификации учителей и работников музеев. В ежегодно проводимых научных конференциях Московского университета “Ломоносовские чтения” регулярно работает секция “Музееведение”, которая собирает представителей многих российских музеев. В 2008 г. в целях развития и координации музейной деятельности при Московском обществе испытателей природы (МОИП) организована секция “Музеология”, методологическую основу функционирования которой взял на себя Музей Землеведения.

В Музее постоянно проводятся учебные занятия со студентами. Научная графика и карты, размещенные на учебных экспозиционных стендах, органично связаны с натурными экспонатами, расположенными в пристендовых витринах. Особенности геологических и географических процессов на Земле – на суше и в Мировом океане, в различных регионах нашей планеты – рассматриваются комплекс-



Бюст Чарльза Дарвина (1809–1882) биолога, основателя эволюционной теории. Скульптор С.Т. Конёнков.

но. Экспозиции Музея учитывают содержание учебных курсов геологического, географического, почвенного и биологического факультетов. Они значительно расширяют кругозор студентов, углубляют получаемые ими знания. Не только студенты МГУ постоянные посетители Музея. В нем организуют занятия для слушателей университетского Эко-

логического центра, студентов других вузов, школьников, учащихся колледжей и гимназий, тематические олимпиады для школьников. Тысячи москвичей и гостей столицы посещают Музей с обзорными экскурсиями.

В Музее функционируют научные лаборатории и кабинеты, оснащенные современным оборудованием. Ученые Музея



Общий вид обновленной экспозиции раздела “Земля во Вселенной”.

ведут несколько научных семинаров, в работе которых принимают участие не только сотрудники Музея, но и сотрудники других вузов и академических институтов. Большой популярностью пользуются, например, Семинар “ЭКО среды”, Семинар по синергетике, Межвузовский регулярный семинар “Методология образования для устойчивого развития”, Семинар по геодинاميке, информация о

которых регулярно размещается на сайте Музея (www.mes.msu.ru).

В соответствии с общим музейным принципом системного предоставления информации от общего к частному основная экспозиция Музея Землеведения начинается на 30-м этаже с раздела “**Земля во Вселенной**”, где Земля рассматривается как планета Солнечной системы. Здесь рассказано о различных теориях происхождения и развития Вселенной, Галактики, Солнечной системы и Земли. Здесь же дается представление о строении нашей планеты (ядре, мантии, земной коре), о внешних

оболочках (атмосфере, гидросфере, биосфере) и о процессах, благодаря которым произошло расслоение вещества на геосферы. Стенды 30-го этажа — своеобразный ключ к пониманию экспозиций, расположенных на других этажах. Раздел Музея “**Геодинамика и эндогенные процессы**” (28-й этаж) посвящен процессам, происходящим в недрах Земли. Экспозиции показывают, как развивалась Земля с момента ее образования, как формируется океаническая и континентальная земная кора, какие типы горных пород ее формируют, как возникают вулканические

извержения и землетрясения. Здесь можно познакомиться с основами теории тектоники литосферных плит, понять, как формируются и перемещаются материки, меняются очертания берегов Мирового океана, образуются новые моря. Уникальные коллекции метеоритов, продуктов вулканических извержений и горных пород составляют важную часть этой экспозиции. Украшение коллекции метеоритов – Сихоте-Алинский метеорит весом 41 кг. Внимание привлекает неотектонический глобус с указанием границ литосферных плит и участков вулканических извержений.

Экспозицию раздела **“Процессы образования минералов и полезных ископаемых”** (27-й этаж) составляют натурные экспонаты, которые удачно сочетаются с графическими и художественными стендами. Они дают представление о процессах минералообразования, формировании полезных ископаемых и закономерностях их образования и пространственного размеще-



ния в земной коре. Среди образцов (около 10 тыс.) в коллекциях минералов и горных пород немало уникальных по научной ценности, красоте и размерам. Поражает воображение географический охват коллекции: находки из минеральных провинций Урала, Кольского полуострова, Украины, Казахстана, Средней Азии, Индии, Бразилии и других регионов. Огромную ценность представляют, например, крупный кристалл горного хрусталя с Полярного Урала, содержащий созданную природой удивительную

панораму из минеральных включений, большая друза флюорита и барита из Средней Азии, гигантская друза дымчатого кварца с Урала (224 кг), крупный кристалл топаза с Волыни (68 кг).

На 26-м этаже размещен раздел **“Экзогенные процессы и история Земли”**. Вводный стенд характеризует наземные экзогенные процессы в целом, а затем рассмотрены каждый из них: деятельность ветра, поверхностных и грунтовых вод, снега, льда. В специальной экспозиции рассказывается о природе



Витраж “Формы выветривания песчаников. Саксонская Швейцария” в разделе “Экзогенные процессы и история Земли”. Художник В.А. Резвяков.

Мирового окна и воздействии морских вод на берега, о накоплении и характере осадков на его дне, о разнообразии и распространении жизни.

Последовательно от докембрия до четвертичного периода раскрываются геологическая история и палеогеография Земли, эволюция органического мира. В учебно-научных стендах помещены уникальные коллекции фауны и флоры, характерные для каждого геологического периода. На стенде

“История биосферы” на фоне хроно- и магнито-стратиграфической шкалы показаны важнейшие события геологической истории Земли – развитие глобальных трансгрессий и регрессий, положение континентов, изменения температурного режима земной поверхности и состава атмосферы, развитие жизни на Земле. На геохронологической шкале представлена современная периодизация истории Земли, показана продолжительность геологических эр и периодов. Схемы “Развитие животных” и “Развитие растений” рассказывают об эволюции животного и растительного мира, медленной в докембрии и более интенсивной с начала следующего этапа – палеозоя.

Раздел **“Природная зональность”** размещен на 25-м этаже. Натур-

ные экспонаты, составляющие основу экспозиции, иллюстрируют комплексность развития ландшафтной оболочки, взаимосвязь ее природных компонентов. Демонстрируется уникальная коллекция из 230 почвенных монолитов, представляющих различные природные зоны, гербарные и объемные образцы сотен растений, спилы деревьев, муляжи плодов и т.д. Материалы скомпонованы так, что посетитель получает представление сначала о природе географического пояса, затем о каждой зоне в целом, о ее основных элементах (климате, растительности, рельефе, почве, животном мире) и их взаимодействии. Проблемы биогеографии и экологии отражены в картах, схемах, живописных картинах, показывающих струк-

турно-функциональные особенности биоценозов, пути приспособления растений и животных к зональным условиям. Здесь демонстрируются зоны тундры, лесотундры, леса, лесостепи, степи, полупустыни, пустыни, субтропиков, высотные зоны.

Региональный раздел Музея **“Физико-географические области”** занимает 24-й этаж. Экспозиция комплексно характеризует крупные природные районы России и прилежащих территорий стран СНГ, а также отдельные части света. Экспозиционные комплексы посвящены крупным природно-ландшафтным районам. Это Русская равнина, ее южное горное окаймление (Кавказ, Крым, Карпаты), Урал, Сибирь, Средняя Азия, Дальний Восток, Африка, Южная Америка. Для каждой из этих территорий представлены стенды, где природа и ресурсы охарактеризованы в целом. Все эти комплексы построены примерно по единому плану. В центре экспозиции помещена картосхема физико-географического районирования. Тематические картосхемы дают



характеристики природных ресурсов (земельных, сырьевых, энергетических) территории и возможностей их использования. В пристендовых витринах демонстрируются коллекции полезных ископаемых и гербарии растений, а под стеклянными колпаками размещены чучела животных. Океанам, природе и ресурсам морей, омывающих берега России, посвящены специальные стенды. Отдельно представлены Арктика и Антарктика.

Выставочная экспозиция **“Космическое землеведение”** показывает возможности картографирования и изучения природных явлений на Земле из космоса, исследования с помощью космических аппаратов некоторых метеороло-

гических, океанических и экологических процессов, протекающих в разных регионах суши и в морях.

Одна из основных идей создания Музея Землеведения, музея наук о Земле – без прошлого нет будущего – нашла воплощение и в торжественном зале (Ротонде), на 31-м этаже Музея. Это одна из архитектурных “жемчужин” Главного здания МГУ – великолепная колоннада под грандиозным куполом высотой 24 м. Стены зала украшены мемориальными досками с летописями выдающихся открытий и знаменательных дат истории МГУ. Здесь же по соответствующим периодам располагаются барельефные портреты выдающихся ученых и ректоров Университета.



Зоовитрина "Обитатели тундры".

роприятий и презентаций. В 2008–2009 гг. в Ротонде были подготовлены и проведены выставки "Цветосложение. Искусство цветочного коллажа", "От гербария до цветочного коллажа" и "Кин-Алтай". В 2011 г. запланирована выставка "Учебно-научные станции МГУ", посвященная 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова.

За 60 лет деятельности в Музее Землеведения МГУ, как во всякой организации музейного типа, накопилось множество архивных материалов. Существенную часть их составляют подаренные музеем документы и личные вещи известных ученых, самые различные фотоматериалы, книги, альбомы, материалы по формированию основной экспозиции, материалы временных выставок, информационные материалы о других вузовских музеях. Огромный интерес представляют сохранившиеся фотоматериалы ликвидированного в результате послевоенных неустroений Географического музея МГУ, созданного в 1908 г. и руководимого до 1923 г. Д.Н. Анучиным. Основу этого музея, историю

До открытия нового здания Интеллектуального центра – Библиотеки – в этом зале располагались подлинные документы и другие материалы по истории МГУ, макеты исторических зданий университета. Сейчас эти

экспонаты демонстрируются в Музее истории МГУ. В настоящее время Ротонда используется для многочисленных временных выставок, а также для проведения торжественных и научно-образовательных ме-



которого еще предстоит написать, составили экспонаты Географической выставки, состоявшейся в 1892 г. в залах Исторического музея. Эти бесценные материалы позволяют нам взглянуть на природу и быт Российской империи XIX в.

Вузовские музеи играют значимую роль в формировании образовательного и культурного пространства, мировоззрения населения. Традиционная музейная среда, где в тишине экспозиционных залов выставлены некие редкости, в современном Музее Землеведения постепенно превращается в содер-

жательное, наполненное жизнью и эмоциями пространство. Посетитель может не только осмотреть раритеты, но и самостоятельно работать с моделями экспонатов или специально предназначенными для этого фондовыми материалами, просмотреть фильмы, участвовать в конференциях и семинарах, наконец, увидеть Москву с высоты «птичьего полета».

Выступая в качестве особого средства коммуникации между прошлым и будущим, между Природой и Цивилизацией, между Наукой и Обществом, Музей Землеве-

Ротонда – торжественный зал на 31-м этаже. Здесь проходят выставки и мероприятия.

дения приглашает посетителей к постижению неисчислимых богатств Природы и человеческого опыта.

*А.В. СМУРОВ,
доктор биологических наук,
профессор
В.В. СНАКИН,
доктор биологических наук
Музей Землеведения МГУ
им. М.В. Ломоносова*

Землетрясения второй половины 2010 г. и природная катастрофа в Японии

В марте 2011 г. у восточного побережья острова Хонсю (Япония) произошло самое разрушительное за всю историю Японии землетрясение и последовавшее за ним цунами. Это было одно из сильнейших землетрясений в мире за последние 60 лет инструментальных наблюдений. Остановимся на этой катастрофе ниже, а пока, продолжая непрерывное описание хроника сейсмичности Земли, рассмотрим вначале в хронологическом порядке сильнейшие события второй половины 2010 г.:

- землетрясение в Тихом океане в районе островов Рюкю (Япония, 26 февраля 2010 г., $M = 7,2$), землетрясение ощущалось на острове Окинава силой до 6 баллов, жертв не отмечено;

- разрушительное землетрясение в восточной Турции 8 марта 2010 г. ($M = 6,0$), погиб 51 человек, 34 получили различные ранения;

- сильное землетрясение на севере Мексики

4 апреля 2010 г. ($M = 7,2$), погибли два человека, 233 получили ранения;

- сильное землетрясение в районе острова Суматра с $M = 7,8$. На юго-востоке острова Симелуэ произошли серьезные разрушения, которые, однако, не сопровождались человеческими жертвами;

- разрушительное землетрясение в Северном Цинхае (Китай, 13 апреля 2010 г., с $M = 6,9$). Эпицентр землетрясения находился в 660 км к запад-северо-западу от эпицентра разрушительного землетрясения 12 мая 2008 г. в Восточном Сычуане ($M = 8,0$; Земля и Вселенная, 2009, № 1). Погибло более 87 тыс. человек;

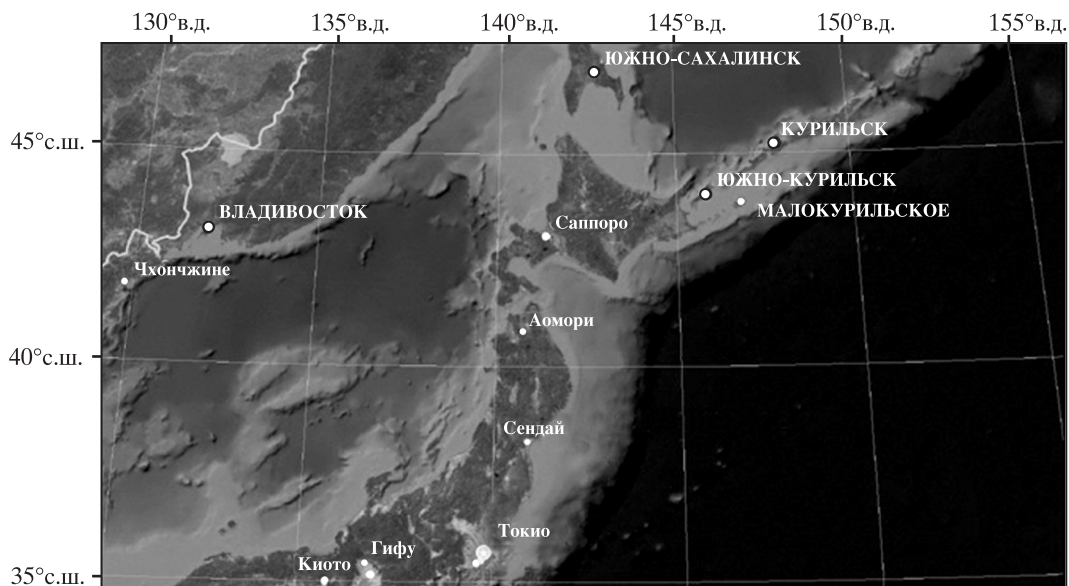
- сильное землетрясение в районе Никобарских островов (Индия, 12 июня 2010 г., $M = 7,6$), жертв и разрушений не отмечено;

- сильное землетрясение на Южном острове (Новая Зеландия, 3 сентября 2010 г., $M = 7,1$). Подземные толчки стали

причиной сильных разрушений в городе Крайстчёрч и отключения электричества в ряде районов. В 2011 г. подобная ситуация повторилась: 21 февраля 2011 г. в том же районе произошло землетрясение с $M = 6,3$. Его жертвами стали 147 человек, пропало без вести более 50 человек. Разрушительное землетрясение почти полностью сравняло с землей центральную часть города Крайстчёрч;

- сильное землетрясение у побережья Южной Суматры (Индонезия, 25 октября 2010 г., $M = 7,4$). Землетрясение вызвало локальное цунами, которое обрушилось на острова Ментавай, высота волн, по некоторым данным, была 3–7 м. Число жертв достигло 112 человек, 502 человека пропали без вести;

- сильное землетрясение на юго-востоке Ирана 20 декабря 2010 г. с $M = 6,6$. Жертвами стали семь человек, сотни ранены, еще сотни людей остаются под завалами.



Стихия разрушила как минимум три населенных пункта, дома в которых в основном были из глины.

На территории России во второй половине 2010 г. произошли следующие ощутимые землетрясения, незначительно отличающиеся по магнитуде от средних региональных значений: 9 июня 2010 г. в Чеченской республике с $M = 4,8$, ощущавшееся в Грозном силой 4–5 баллов, в Махачкале – 3 балла; 18 июня 2010 г. в районе Курильских островов с $M = 6,2$, ощущавшееся в Курильске, Малокурильском силой 3 балла, в Южно-Курильске – 2 балла; 9 июля 2010 г. в Ставропольском крае с $M = 3,2$, ощущавшееся в Ставрополе и Невинномысске силой 2–3 балла; 30 июля 2010 г. у восточного побережья Камчатки с $M = 6,7$, ощущавшееся в

Петропавловске-Камчатском силой 4–5 баллов.

В течение 2010 г. в оперативном режиме в службе срочных донесений ГС РАН обработано 4455 землетрясений. Их параметры представлены на информационном сервере Геофизической службы РАН (<http://www.seme.gsras.ru>).

Начавшийся 2011 г. ознаменовался новыми грозными природными катастрофами в Тихоокеанском сейсмическом поясе.

9 марта 2011 г. в Японии, у восточного побережья острова Хонсю, зафиксировано землетрясение с $M = 7,7$. Сильные толчки ощущались в половине префектур Японии, в том числе и в Токио. Жертв и серьезных разрушений не было. Известно, что в одном из городов частично обвалилось здание школы.

Район землетрясение 11 марта 2011 г. в Японии (эпицентр отмечен звездочкой).

На несколько часов из соображений безопасности пришлось остановить движение скоростных поездов. Землетрясение не повлияло на работу двух атомных электростанций в префектуре Мияги, находящейся поблизости от эпицентра. Эксперты предупреждали об угрозе возникновения цунами, но высота вызванных землетрясением волн составила всего 60 см. В России оно ощущалось в Южно-Курильске силой 2 балла.

11 марта 2011 г. через 51 ч после зем-



Пожар в одном из административных зданий г. Сендай (префектура Мияги), возникший 11 марта 2011 г. Фото информагентства Kyodo News.

летрясения 9 марта, у восточного побережья острова Хонсю произошло сильнейшее разрушительное цунами и землетрясение с $M = 9,0$. Его очаг находился на глубине 24 км. Небольшая глубина и характер движения в очаге – взброс по практически вертикальной плоскости (80° с

горизонтом) – стали причиной возникших затем огромных волн цунами. В ряде районов острова Хонсю высота приливной волны превысила 10 м.

По поручению В.В. Путина в Геофизической службе РАН совместно с Росгидрометом при фи-

нансировании МЧС разработан и реализован проект создания службы предупреждения о цунами для Дальнего Востока России. Реализованная часть сейсмической подсистемы охватывает территорию острова Сахалин, Южных и Север-



Разрушенные дома и пожары в г. Натори (префектура Мияги). 11 марта 2011 г. Фото информагентства Kyodo News.



*Водоворот вблизи порта Оарай (префектура Ибараки).
12 марта 2011 г. Фото информагентства Kyodo News.*

ных Курил и Камчатского края. Эта подсистема введена в эксплуатацию в конце 2010 г., и, по существу, во время землетрясений в Японии 9 и 11 марта 2011 г. прошла первую апробацию. 11 марта 2011 г. с помощью автоматической обработки данных определены положение эпицентра и сила землетрясения. Реально тревога цунами передана через 9 мин с момента начала регистрации зем-

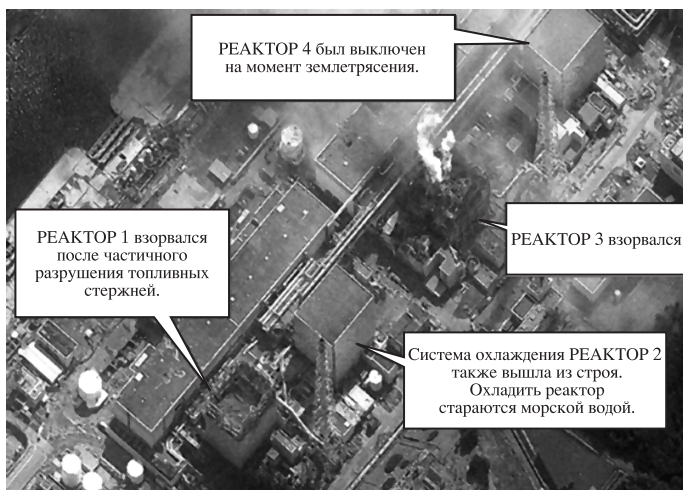
летрясения на станции «Южно-Сахалинск».

Землетрясение 11 марта 2011 г. ощущалось на территории России на Курильских островах: в Южно-Курильске, Курильске – силой 4 балла, в Малокурильском – 3 балла. Стихия угрожала Курильским островам. Как сообщило МЧС, из зоны возможного подтопления эвакуировали около 11 тыс. человек, все силы и средства спасателей были приведены в

повышенную готовность. Волны цунами зарегистрированы в районе острова Кунашир (вблизи Южно-Курильска), у островов Шикотан и Итуруп, высота их достигала двух метров.

В нескольких префектурах Японии цунами снесло дома и находившиеся на дорогах машины, возникли многочисленные пожары. Гигантская волна накрывала поля и дороги, крушила здания и сооружения. На значительной территории страны нарушено наземное и воздушное сообщение. В стране прекратили работу несколько атомных и теплоэлектростанций. Цунами полностью затопило взлетно-посадочные полосы аэропорта около г. Сендай. Сильные пожары вспыхнули на нефтеочистных и газовых сооружениях, на сталелитейном заводе. На АЭС «Фукусима-1» произошли взрывы, повредившие энергоблоки и четыре реактора. Возникло радиационное заражение местности и моря. В радиусе 20 км объявлена эвакуация. Самая технологически развитая страна мира оказалась под угрозой техногенной катастрофы масштаба Чернобыля. Число погибших достигло более 11 тыс. человек, пропавших без вести – более 17 тыс. человек. Общее число погибших и пропавших без вести в результате стихийного бедствия превысило 28,3 тыс. человек.

Разрушения на японской АЭС “Фукусима-1” и один из поврежденных реакторов в результате взрывов. Уровень радиации в районе АЭС повысился в сотни раз, загрязнению подверглись прибрежные воды. Аэрофотоснимок и фото информ-агентства Рейтер.



В зоне бедствия на северо-востоке страны серьезная нехватка воды, продуктов, бензина. Трагедия вынудила японские власти искать помощь за рубежом. Впервые в истории в Японию направлены российские спасатели. Сотрудникам МЧС РФ в японском г. Сендай удалось извлечь из-под завалов тела нескольких десятков погибших.

Из-за резкого всплеска уровня радиации на японской АЭС “Фукусима-1” со станции пришлось эвакуировать весь персонал. На станции оставались около 50 сотрудников, пытавшихся стабилизировать ситуацию на четырех из шести ее энергоблоков. Расплавилось 70% топливных стержней на первом энергоблоке “Фукусимы-1” и 33% – на втором. Причиной аварийной ситуации на крупнейшей АЭС Японии “Фукусима-1” стали неполадки в системе охлажде-



ния атомных реакторов, вызванные землетрясением 11 марта 2011 г. На российском Дальнем Востоке повышения уровня радиации не отмечено. Там ведется круглосуточный мониторинг радиационной обстановки.

Район Хонсю характеризуется высоким уровнем сейсмичности с исторических времен. Землетрясение произо-

шло в одном из наиболее сейсмоактивных участков тихоокеанского побережья Японии – побережье Санрику. В этом месте сильнее землетрясения, сопровождающиеся цунами, происходят постоянно. Так, 15 июня 1896 г., восточнее острова Хонсю произошло землетрясение с магнитудой $M = 8,5$, вызвавшее цунами, высота волн достигала 25 м, по-

гибло 27 тыс. человек (по данным Геологической службы США). 2 марта 1933 г. в 178 км к востоку-северо-востоку от района очага землетрясения 11 марта 2011 г. произошло Санриксское землетрясение с магнитудой $M = 8,2$. Оно вызвало цунами, высота волн достигала 28 м, погибло 3 тыс. человек (Б. Гуттенберг,

К. Рихтер “Сейсмичность Земли”. М.: 1948). За два дня до катастрофы 11 марта 2011 г., в 44 км к северо-востоку от его очага, произошло сильное землетрясение 9 марта 2011 г. с магнитудой $M = 7,7$, сопровождавшееся многочисленными афтершоками. Событие 9 марта 2011 г. в какой-то степени мож-

но рассматривать как возможный предвестник катастрофического землетрясения 11 марта 2011 г.

О.Е. СТАРОВОЙТ,
кандидат физико-математических наук
Л.С. ЧЕПКУНАС,
кандидат физико-математических наук
М.В. КОЛОМИЕЦ
г. Обнинск

Информация

Российский метеоспутник “Электро-Л”

21 января 2011 г. со стартового комплекса площадки 45 космодрома Байконур состоялся успешный запуск РН “Зенит-2SB” с разгонным блоком “Фрегат-SB” и российским метеорологическим ИСЗ “Электро-Л”. Через 11 ч “Электро-Л” вышел на рабочую геостационарную орбиту высотой 32 тыс. км, наклонением 0° и периодом обращения 23 ч. Затем спутник перевели в точку “стояния” 76° в.д. (над Индийским океаном), позволяющую постоянно наблюдать территорию России.

Общая масса ИСЗ – 1766 кг (на орбите – 1180 кг), из них масса научной аппаратуры – 430 кг, мощность вырабатываемой солнечными батареями электроэнергии – 1700 Вт,

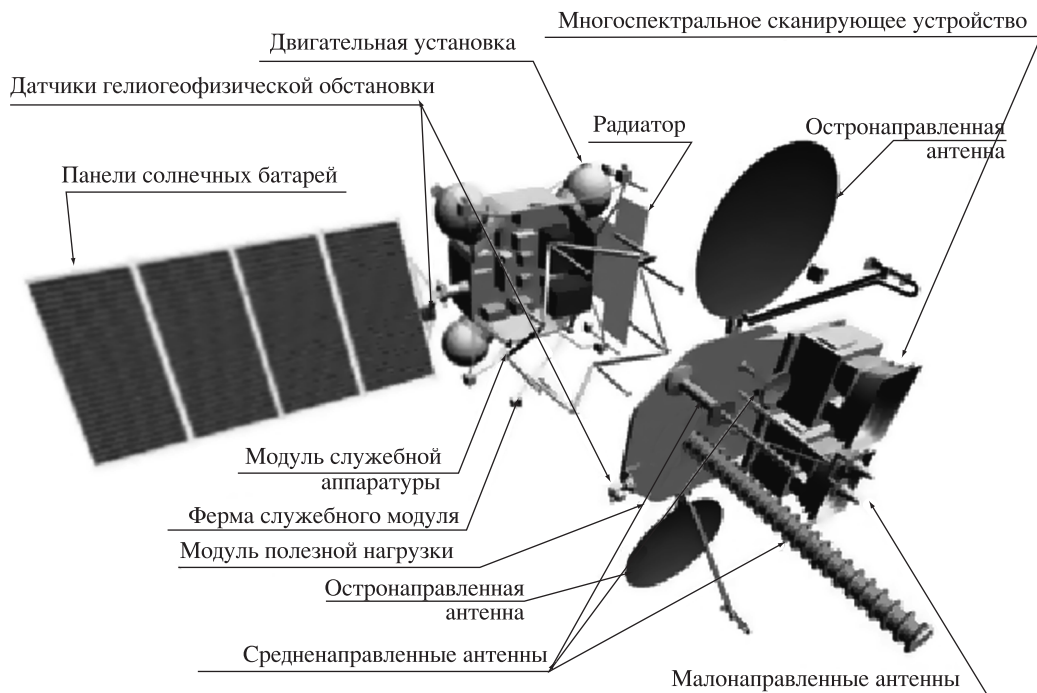


“Электро-Л” над Землей. Рисунок НПО им. С.А. Лавочкина.

скорость ретрансляции метеоинформации – до 15,36 Мбит/с в диапазоне 8,2 ГГц. Сбор метеоданных проводится через каждые 3 ч, ретрансляция сигналов автоматических аварийных буев системы “КОСПАС-SARSAT” осуществляется на частотах 0,4/1,54 ГГц. “Электро-Л” создан в НПО им. С.А. Лавочкина и смонтирован на универсальной платформе “Навигатор”. Комплекс аппаратуры под-

готовлен Научным центром ОМЗ Роскосмоса, Институтом прикладной геофизики Росгидромета, НИИЯФ МГУ и др. Бортовой радиотехнический комплекс “Электро-Л” разработан в РНИИ КП. Срок активной работы – 10 лет.

ИСЗ “Электро-Л» глобальной спутниковой системы дистанционного зондирования Земли проводит многоспектральную съемку в видимом и инфракрасном



*Размещение комплекса научной аппаратуры и служебных систем на ИСЗ “Электро-Л”.
Рисунок НПО им. С.А. Лавочкина.*

диапазонах с разрешением 1 км и 4 км соответственно. Спутник обеспечивает оперативной метеорологической информацией о состоянии атмосферы, акваторий морей и океанов, ионосферы и магнитного поля Земли, занимается мониторингом климата и глобальных изменений, контролем чрезвычайных ситуаций, экологии окружающей среды, условий для полетов авиации. Комплекс научной аппаратуры включает:

- сканер МСУ-ГС (многозональное сканирующее устройство), работающий в видимом и ИК-диапазоне с полем зрения $20^\circ \times 20^\circ$, охватывающим весь земной шар;

- блок видимого диапазона с телескопом диаметром 75 мм сканирует Землю с помощью поворотного зеркала и обеспечивает съемку с разрешением 1 км в трех спектральных каналах;

- оптический телескоп блока ИК-диапазона диаметром 220 мм осуществляет сканирование с помощью подвижного зеркала, время формирования кадра составляет 1–2 мин.

Периодичность съемки земной поверхности и акватории Мирового океана – 30 мин. Обмен данными производится между главным центром в Москве и региональными центрами в Новосибирске и Хабаровске.

Область применения данных “Электро-Л” – гидрометеорологическое и гелиогеофизическое обеспечение, включая информирование подразделений Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Полученная информация позволит контролировать развитие чрезвычайных ситуаций.

В 2012 г. предполагается запустить аналогичный ИСЗ “Электро-Л2”.

Пресс-релизы Роскосмоса,
НПО им. С.А. Лавочкина и
ЦУП-М,
22 января 2011 г.

Полеты экипажей на МКС в январе – апреле 2011 г.

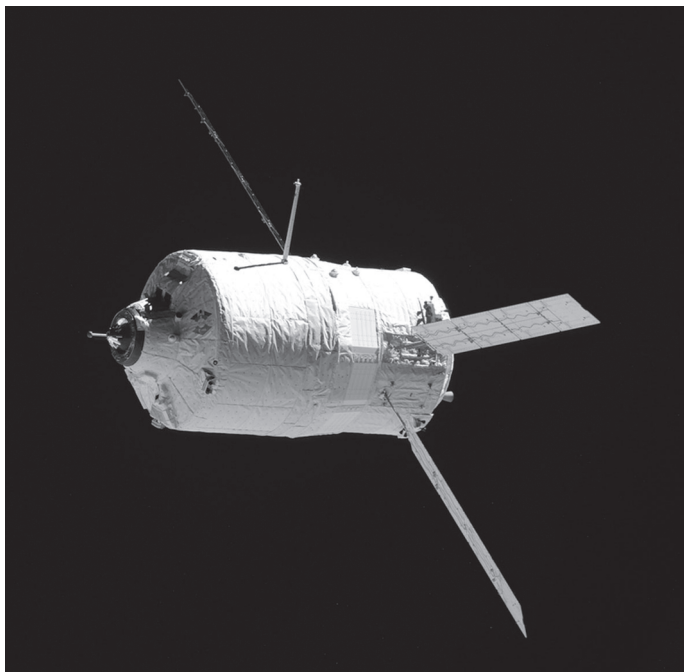
22 января 2011 г. со стартового комплекса Йосинобу космодрома Танегасима с помощью РН “Н-ПВ” запущен японский грузовой КК “НТВ-2” (“Конотори-2”, в переводе с японского – аист). Это второй японский “грузовик”, первый стартовал 10 сентября 2010 г. и отработал в составе МКС до 19 октября (Земля и Вселенная, 2010, № 2, с. 110). Грузовой корабль привез на станцию около 5,3 т расходных материалов, включая пищу для астронавтов, около 80 л питьевой воды, а также оборудование для лабораторного модуля “Кибо” Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA). **27 января** с помощью манипулятора “Канадарм-2” МКС бортинженер 26-й основной экспедиции К. Колеман выполнила захват “Конотори-2” с расстояния 10 м и пристыковала к станции, а затем установила на модуле “Гармония”. **28 марта** “Конотори-2” был отстыкован от МКС, **30 марта** его затопили в Тихом океане. До 2015 г. Япония рассчитывает отправлять на МКС по одному такому “грузовику” в год.

17 февраля с космодрома Куру во Французской Гвиане с помощью РН “Ariane-5” запущен второй европейский

грузовой КК ATV-2 “Иоганн Кеплер” (“Johann Kepler”; длина – 10,77 м, диаметр – 4,48 м, масса – 21 т, в том числе масса грузов – 6400 кг и топливо – 7 т). На борту корабля находятся свыше 100 кг продовольствия, запчасти для скафандров и три видеокамеры для исследований в ходе 26–29-й основных экспедиций (МКС-26 – МКС-29). Стыковка со станцией выполнена **на 24 февраля**.

25 февраля со стартовой площадки космодрома им. Дж. Кеннеди стартовал КК “Дискавери” (STS-133). Это 39-й и последний полет данного многоразового корабля. Полет “Дискавери” должен был состояться

в ноябре 2010 г., однако по техническим причинам неоднократно откладывался. Планом совместных работ предусмотрены операции и мероприятия по продолжению строительства станции. Основная задача: доставка и установка на американском сегменте МКС многоцелевого модуля РММ (восьмой полет грузового модуля MPLM “Леонардо”, первый совершил в 2001 г.) и внешней платформы ELC-4, а также робота “Робонавт-2” (R2). Для проведения работ по дооснащению и обслуживанию станции астронавтам предстоит совершить два выхода в открытый космос.



Европейский грузовой КК “Иоганн Кеплер” подлетает к МКС. Снимок сделан 24 февраля 2011 г. экипажем МКС-26. Фото NASA.

Экипаж КК “Дискавери”: командир С. Линдси, пилот Э. Бо, специалисты полета Б. Дрю, С. Боуэн, М. Барратт и Н. Стотт. **Стивен Линдси** (Steven Lindsey; 365-й космонавт мира, 230-й астронавт США) родился в 1960 г., полковник ВВС США в отставке. В 1982 г. окончил Военно-воздушную академию США. Прошел летную подготовку на авиабазе Риз (штат Техас). Служил летчиком, затем летчиком-инструктором. В 1990 г. получил степень магистра по авиационной технике. В 1995 г. зачислен в отряд астронавтов NASA. **Эрик Бо** (Eric A. Boe; 484-й космонавт мира, 307-й астронавт США) родился в 1964 г., полковник ВВС США. В 1987 г. окончил Академию Военно-воздушных сил США. Служил летчиком-истребителем на авиабазах ВВС. В 2000 г. зачислен в отряд астронавтов NASA. **Бенджамин Дрю** (Benjamin A., Drew; 460-й космонавт мира, 292-й астронавт США) родился в 1962 г., полковник ВВС США. В 1984 г. окончил Академию ВВС США. Служил в группе спасения, затем – по специальным операциям ВВС. В 1994 г. окончил школу летчиков-испытателей ВМС США. В 1995 г. получил степень магистра по аэрокосмической технике. В 2006 г. окончил Авиационный университет ВВС США. В 2000 г. зачислен в отряд астронавтов NASA. **Стивен Боуэн** (Stephen G. Bowen; 485-й космонавт мира, 308-й астронавт США) родился в 1964 г., капитан 1-го ранга ВМС США. В 1986 г. окон-

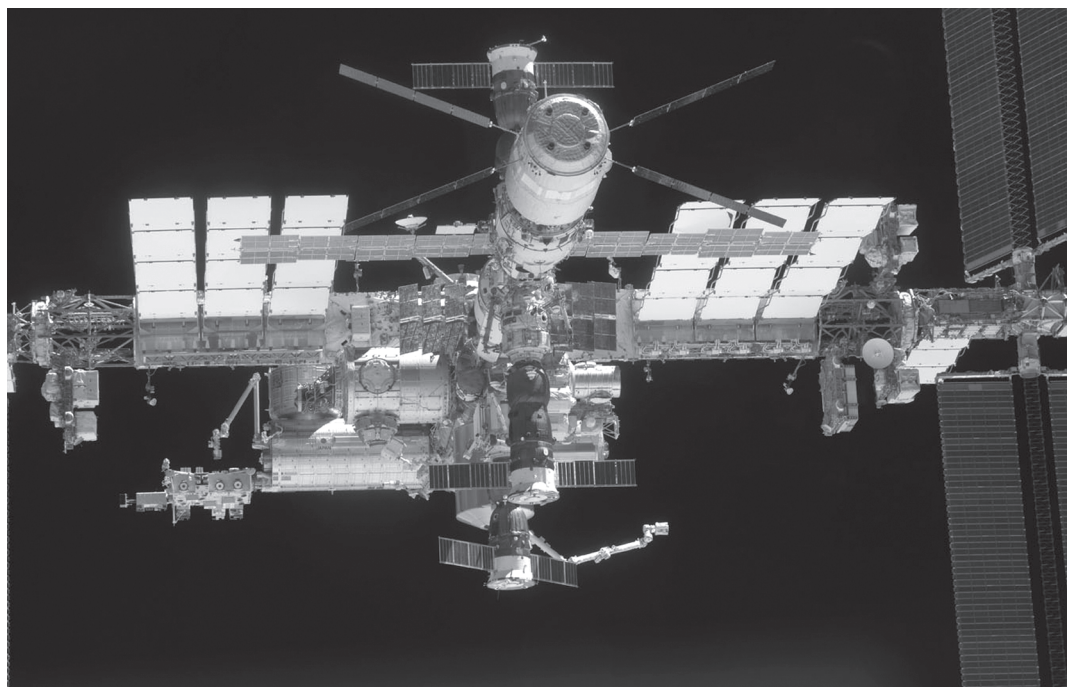


Экипаж КК “Дискавери” (STS-133): Б. Дрю, Н. Стотт, Э. Бо, С. Линдси, М. Барратт и С. Боуэн. Фото NASA.

чил Академию Военно-морских сил США. Служил на многоцелевых атомных подводных лодках. В 1993 г. получил степень магистра по кораблестроению. В 2000 г. зачислен в отряд астронавтов NASA. **Майкл Барратт** (Michael R. Barratt; 490-й космонавт мира, 313-й астронавт США) родился в 1959 г. В 1981 г. окончил Вашингтонский университет. В 1985 г. получил степень магистра в области медицины. С 1991 г. работал в NASA врачом-терапевтом, участвовал в программе “Мир” – “Шаттл”. В 2000 г. зачислен в отряд астронавтов NASA. **Николь Стотт** (Nicole P. Stott; 502-й космонавт мира, 324-й астронавт США) родилась в 1962 г. С 1987 г. работа-

ла инженером-конструктором в NASA. В 1992 г. получила степень магистра по управлению проектированием. В 2000 г. зачислена в отряд астронавтов NASA. С. Линдси совершил четыре полета, С. Боуэн – два, Э. Бо, Б. Дрю, М. Барратт и Н. Стотт – по одному.

26 февраля выполнена стыковка корабля “Дискавери” с МКС к модулю “Гармония”, затем астронавты перешли на борт МКС. На станции находился экипаж МКС-26 (Земля и Вселенная, 2011, № 1, с. 109–110): командир С. Келли (США), бортинженеры А.Ю. Калери, О.И. Скрипочка, Д.Ю. Кондратьев (Россия), П. Неспולי (ЕСА, Италия) и К. Колман (США). В это время станция со-



МКС после расстыковки с КК “Дискавери” (STS-133) и его облета вокруг станции. На переднем плане – грузовой КА “Йоганн Кеплер” (ESA). Снимок сделан 7 марта 2011 г. экипажем корабля. Фото NASA.

держала транспортные корабли “Союз ТМА-М”, “Союз ТМА-20”, “Прогресс М-09М”, японский НТВ-2 “Конотори” и европейский ATV-2 “Йоганн Кеплер”. Масса всего космического комплекса – около 515 т. **27 февраля** установлена внешняя платформа ELC-4 на ферму S3 с помощью манипуляторов “Дискавери” и МКС. **28 февраля** Э. Дрю и С. Боуэн совершили первый выход в открытый космос продолжительностью 6 ч 34 мин (проложили кабель-удлиннитель между модулями “Юнити” и “Транквилити”, установили неисправный насосный модуль на грузовую платформу ESP-2). **1 марта** астронав-

ты установили с помощью манипулятора МКС модуль “Леонардо” на модуль “Юнити”. **2 марта** Э. Дрю и С. Боуэн во время второго выхода в открытый космос длительностью 6 ч 14 мин сняли теплозащиту с блоков бортовой радиоэлектроники платформы ELC-4, продули неисправный насос на платформе ESP-2, занимались демонтажем оборудования. **3 марта** проведена коррекция орбиты МКС двигателями “Дискавери”, высота орбиты увеличилась на 1,75 км. **4–6 марта** выполнены заключительные операции по переносу грузов и обслуживанию систем. **7 марта** – расстыковка “Дискавери” с МКС, об-

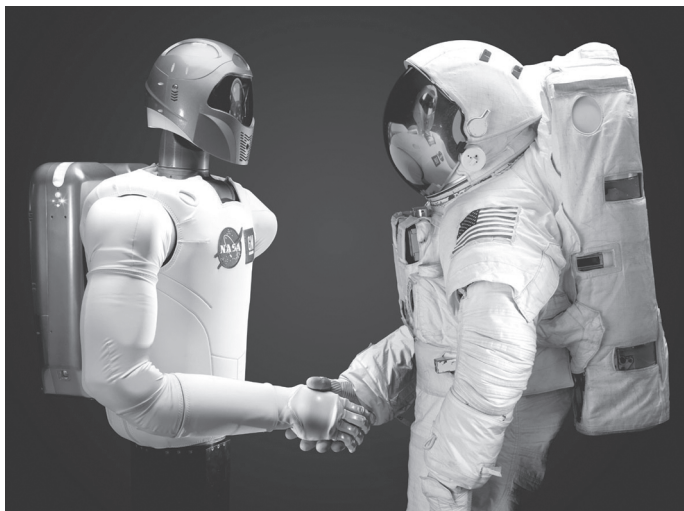
лет станции и уход корабля от станции, затем автономный полет. **9 марта** корабль приземлился на космодроме Канаверал. Длительность полета – 12 сут 19 ч 04 мин.

16 марта КК “Союз ТМА-М” расстыковался с МКС. Через 3,5 ч спускаемый аппарат “Союза ТМА-М” с экипажем МКС-26 – А.Ю. Калери, О.И. Скрипочка (Россия) и С. Келли (США) – совершил мягкую посадку в 86 км севернее города Аркалык в Казахстане. Продолжительность их полета – 159 сут 08 ч 42 мин.

16 марта астронавты П. Неспולי и К. Колман достали из контейнера и вклю-

чили первого человекоподобного робота на борту станции – “Робонавт-2”, разработанного NASA для проверки влияния неблагоприятных факторов космического полета. Робот массой 150 кг и высотой 1 м сделан из алюминия и стали и пока не имеет нижней половины тела. В “животе” находится вычислительный центр с 38 процессорами. На спине размещается рюкзак с энергетической системой. В шлем вмонтировано четыре видеокамеры для ориентировки в пространстве и трансляции сигналов на мониторы диспетчеров. В роботе находится более 350 датчиков и сенсоров. Шея робота имеет три степени свободы, а каждая рука размером 2,44 м – семь, кисти – 12. Он умеет писать, захватывать и держать предметы весом до 9 кг.

5 апреля с космодрома Байконур запущен КК “Союз ТМА-21” с экипажем МКС-27. Планируемая продолжительность полета – 165 сут (посадка 16 сентября 2011 г.). Командир корабля – космонавт А.М. Самокутяев (Россия), бортинженеры – космонавт А.И. Борисенко (Россия) и астронавт Р. Гаран (США). **Александр Михайлович Самокутяев** (518-й астронавт мира, 109-й космонавт России) родился в 1970 г. в Пензе. В 1992 г. окончил Черниговское высшее военное авиационное училище летчиков, “Военный летчик 3 класса”, полковник ВВС РФ. В 2000 г. окончил Военно-воздушную академию им. Ю.А. Гагарина. В 2003 г. зачислен в отряд кос-



Человекоподобный робот “Робонавт-2”, работающий на борту МКС. Привезен на станцию на корабле “Дискавери” в феврале 2011 г. Фото NASA.

монавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Готовился к полету на МКС по программам МКС-25 и МКС-27/28. **Андрей Иванович Борисен-**

ко (519-й астронавт мира, 110-й космонавт России) родился в 1964 г. в Ленинграде. В 1987 г. окончил Ленинградский военно-ме-



Экипаж МКС-27: Р. Гаран (США), П. Неспולי (ЕСА, Италия), А.М. Самокутяев (Россия), К. Колман (США), А.И. Борисенко и Д.Ю. Кондратьев (Россия). Фото NASA.

ханический институт. В 1989 г. работал в РКК “Энергия”, участвовал в управлении полетом ОК “Мир”, в 1999–2003 гг. – сменным руководителем полета ЦУП. В 2003 г. зачислен в отряд космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Готовился к полету на МКС по программам МКС-24, МКС-26 и МКС-27/28. **Рональд Гаран мл.** (Ronald J. Garan, Jr.; 480-й астронавт мира, 307-й астронавт США) родился в 1961 г. в Йонкерсе (штат Нью-Йорк). В 1984 г. окончил школу офицерского состава ВВС США на авиабазе Леккланд в Техасе, с 1989 г. – училище авиационного вооружения, полковник ВВС. Служил в различных эскадрильях. В 1994 г. получил степень магистра в области воздухоплавания, в

1996 г. – аэрокосмического машиностроения. В 2001 г. зачислен в отряд астронавтов NASA. Р. Гаран совершил 2-й космический полет, А.М. Самокутьев и А.И. Борисенко впервые в космосе.

7 апреля осуществлена стыковка “Союза ТМА-20” к МКС. Таким образом, на станции снова работало шесть человек в составе экипажа МКС-27: Д.Ю. Кондратьев, А.М. Самокутьев, А.И. Борисенко (Россия), К. Колман, Р. Гаран (США) и П. Неспоти (ESA). Параметры орбиты станции на момент осуществления стыковки: высота – $343,2 \times 367,1$ км, наклонение – $51,63^\circ$, период обращения вокруг Земли – 91,45 мин.

В программе полета МКС-27/28: прием американских КК “Индевор” (STS-134) в

апреле и “Атлантис” (STS-135) в июне – июле; прием и разгрузка грузовых кораблей “Прогресс М-10М – М-12М”; прием КК “Союз ТМА-02М” с тремя членами экипажа МКС-28/29; один выход в открытый космос по российской программе; дооснащение МКС доставленным оборудованием и выполнение программы научно-прикладных исследований. В мае 2011 г. экипаж МКС-27 возвратился на Землю на КК “Союз ТМА-20”, его сменил стартовавший в июне на КК “Союз ТМА-02М” экипаж 28-й основной экспедиции.

Пресс-релизы Роскосмоса,
ЦУП-М и
NASA,
февраль–апрель 2011 г.
Подготовил
С.А. Герасютин

Информация

Сокращение финансирования планетных исследований

Сокращение бюджета NASA в следующие пять лет может поставить под угрозу межпланетные исследования, в частности совместный с европейскими и российскими учеными про-

ект отправки АМС “Лаплас” в систему Юпитера (Земля и Вселенная, 2009, № 4). Предполагалось совершить посадку спускаемого аппарата на спутник Юпитера Европу для изучения ее подледного океана, где может существовать жизнь в виде бактерий и других микроорганизмов. Запуск АМС планировался на 2018–2022 гг. Однако в проекте бюджета, представленном президентом Б. Обамой, предполагается сокращение финансирования планетарных исследований.

В настоящее время на стадии подготовки к запуску находится только одна межпланетная миссия США – марсоход “Кьюриосити” (“Curiosity”), общей стоимостью 2,5 млрд долларов. В ноябре 2011 г. предполагается отправить АМС на Марс. Национальная академия наук США опубликовала новый 10-летний план исследований планет, в котором описаны главные приоритеты научных миссий в 2013–2022 гг.

Пресс-релиз NASA,
5 марта 2011 г.

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”
(II полугодие 2011 г.) во всех отделениях связи.
Подписной индекс – 70336.*

Заведующая редакцией Г.В. Матророва
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин

Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина

Литературный редактор О.Н. Фролова

Оператор ПК Н.Н. Токарева

Корректор Г.В. Печникова

Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 08.04.2011. Подписано в печать 15.06.2011. Формат бумаги 70 × 100¹/₁₆
Офсетная печать. Уч.-изд.л. 12,2 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отт. 3,9 тыс. Бум.л. 3,5
Тираж 415 Зак. 1424

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”,

117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 119991, Москва, Маро́новский пер., 26

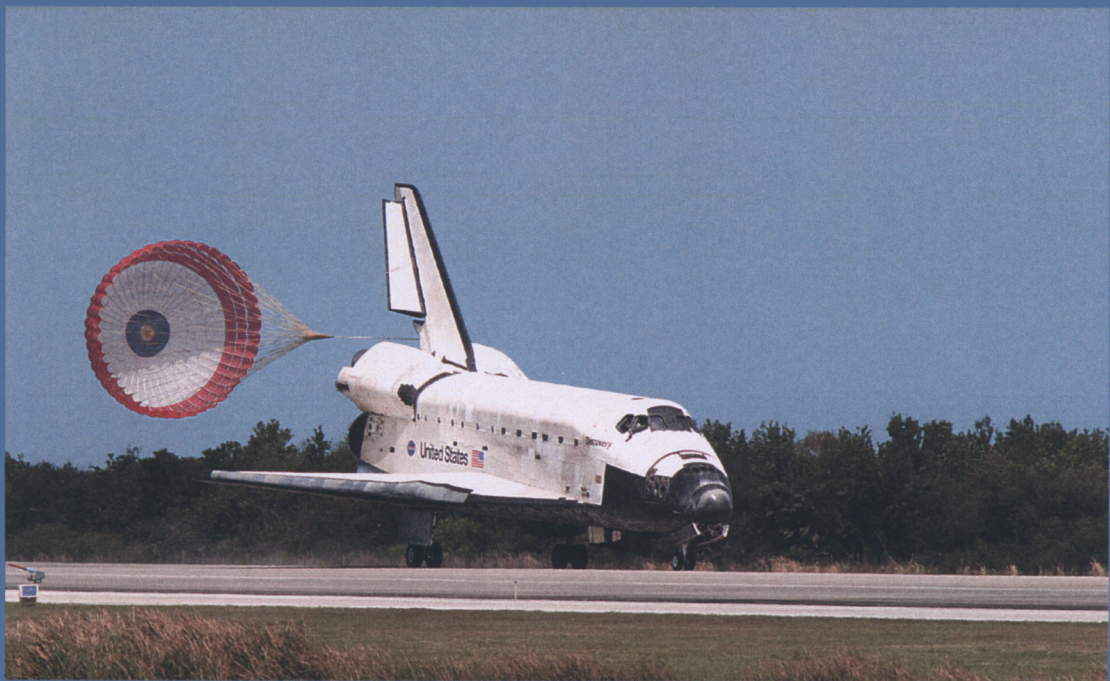
Телефоны: (факс) (499) 238-42-32, 238-29-66

E-mail: zevs@naukaran.ru

Оригинал-макет подготовлен АИЦ “Наука” РАН

Отпечатано в ППП “Типография “Наука”,

121099 Москва, Шубинский пер., 6





"НАУКА"
Индекс 70336